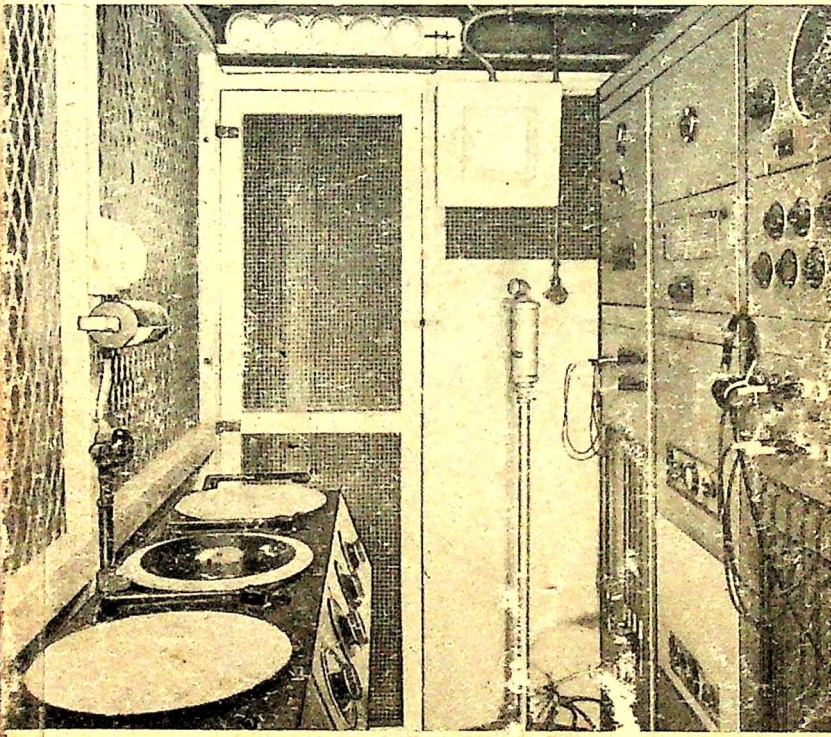
radio PRAKTIKER bücherei

FRITZ KÜHNE

# Vielseitige Verstärkergeräte für Tonaufnahme und Wiedergabe



8

FRANZIS-VERLAG · MÜNCHEN

# radio PRAKTIKER bücherei

Leicht verständlich, aber technisch zuverlässig, inhaltreich und doch billig sind alle Bände dieser radio- und fernsehtechnischen Bücherei. Namhafte Autoren sind ihre Mitarbeiter, die sich diesem neuen Vorhaben in der richtigen Erkenntnis zur Verfügung stellten, daß es heute mehr denn je darauf ankommt, jedem einzelnen Interessenten, vor allem auch dem Lernenden, dem Schüler, Studenten und Lehrling, den Aufbau einer kleinen radiotechnischen Bibliothek zu ermöglichen. Deshalb wurden Umfang, Ausstattung und Preis so aufeinander abgestimmt, daß für den aufzuwendenden niedrigen Betrag ein Optimum an Wissensstoff und Unterlagen geboten werden kann.

**Ausführliches Verzeichnis am Schluß des Heftes oder gratis durch den Buchhandel**

**Jede Nr. 64 Seiten**
mit vielen Bildern

## DIE NEUESTEN BÄNDE

**Nomogramme als Hilfsmittel für den Funktechniker.** **Nr. 61**
Von Ing. Otto Limann. Mit 42 Bildern.

**Englisch für Radiopraktiker.** **Nr. 62**
Von Dipl.-Ing. W. Stellrecht u. Dipl.-Ing. P. Miram.

**Moderne Schallplattentechnik.** **Nr. 63/65**
Von Dr.-Ing. Fritz Bergtold. Mit 244 Bildern.

**Sender-Baubuch für Kurzwellen-Amateure,** II. Teil. **Nr. 66/67**
Von Ing. H. F. Steinhauser. Mit 50 Bildern.

**Formelsammlung für den Radio-Praktiker.** **Nr. 68/70**
Von Dipl.-Ing. Gg. Rose. Mit vielen Bildern.

**Bastelpraxis,** Band I. **Nr. 71**
Von Werner W. Diefenbach. Mit 50 Bildern.

**Drahtlose Fernsteuerung von Flugmodellen.** **Nr. 72/73**
Von Karl Schultheiss. Mit vielen Bildern.

**Einkreis-Empfänger.** **Nr. 74**
Von Hans Sutaner. Mit 57 Bildern.

# Vielseitige Verstärkergeräte für Tonaufnahme und Wiedergabe

Von

INGENIEUR FRITZ KÜHNE

*Mit 36 Bildern*

4. und 5. Auflage

FRANZIS-VERLAG MÜNCHEN

Verlag der G. Franz'schen Buchdruckerei G. Emil Mayer

Heft 8 der RADIO-PRAKTIKER-BÜCHEREI

Das Umschlagbild zeigt eine
Verstärkerzentrale für Bühnenzwecke
(Telefunken)

1954

Druck: G. Franz'sche Buchdruckerei G. Emil Mayer, München 2, Luisenstraße 17

# Vorwort

Es ist kaum zwei Jahrzehnte her, daß der Niederfrequenzverstärker publikumsreif wurde. Blättert man in Prospekten der damaligen Zeit, dann findet man, daß seinerzeit eine Klassifizierung in der Hauptsache in nur zwei Gruppen vorgenommen wurde, nämlich in Vorverstärker und Kraftverstärker. Vorverstärker wurden da eingesetzt, wo eine reine Spannungsverstärkung erwünscht war, und Kraftverstärker dort, wo Leistung erforderlich wurde. Ohne Rücksicht auf den besonderen Verwendungszweck wurden derartige Verstärker überall dort eingesetzt, wo „Verstärkung" schlechthin erforderlich war, und im Bedarfsfall aneinandergereiht. Man war bestrebt, die Verstärker so zu bauen, daß sie ein möglichst breites Frequenzband gleichmäßig verstärkten. Je weitgehender diese Forderung erfüllt war, für um so besser und universeller sah man damals einen Verstärker an.

Im Laufe der beiden Jahrzehnte hat sich der Niederfrequenzverstärker — heute sagt man gern „Tonfrequenzverstärker" — ein immer größeres Anwendungsgebiet erschlossen. Es gibt heute in den Kulturländern wohl kein Haus, in dem nicht ein Tonfrequenzverstärker arbeitet, und sei es auch nur in Gestalt des Niederfrequenzteiles eines Rundfunkgerätes. Darüber hinaus arbeiten Tonfrequenzverstärker aber auch in den zahlreichen Musikübertragungsanlagen, in Rufanlagen, zur Tonaufzeichnung, zur Rundfunkübertragung in Gaststätten, in Lautsprecherwagen, im Lichtspielhaus, in Diktiermaschinen und an vielen anderen Stellen. Die immer höher gesteigerten Ansprüche lassen es daher als selbstverständlich erscheinen, daß man immer mehr bemüht ist, jeden Verstärker auf sein spezielles Anwendungsgebiet abzustimmen. Deshalb taucht heute das Wort „Verstärker" in immer neuen Verbindungen mit einem Beiwort in der Literatur und in Firmenschriften auf. Der Praktiker bekommt zum Beispiel einen „Fotozellenverstärker" zur Reparatur in die Hand. Er möchte sich gern unterrichten, auf welche Besonderheiten ein derartiger Verstärker ausgelegt ist, um hierauf bei der Instandsetzung sein Augenmerk zu richten. Hier will das vorliegende Bändchen helfen und dem Praktiker an Hand von Beispielen einen raschen Überblick vermitteln.

Darüber hinaus verfolgt dieses Bändchen aber noch ein anderes Ziel: Aus wirtschaftlichen Gründen ist man bemüht, neuzeitliche Verstärker so aufzubauen, daß sie wahlweise für mehrere Sonderzwecke eingesetzt werden können. Derartige „Mehrzweckverstärker" sind dann in Schaltung und Aufbau ziemlich verwickelt. Das Bändchen will auch hier dem Praktiker die für Reparatur und Entwurf erforderlichen Unterlagen vermitteln. Fritz Kühne

In den veröffentlichten Schaltungen sind vorzugsweise Röhren in Glas- oder Stahlausführung verwendet worden, weil sie sich bisher im rauhen Betrieb besonders gut bewähren konnten. In der ersten Stufe von hochempfindlichen Mikrofon-Vorverstärkern und Magnetton-Wiedergabeverstärkern sowie in Phasen-Umkehrschaltungen werden neuerdings häufig Pico- und Rimlock-Röhren verwendet. Der erfahrene Praktiker wird ohne besondere Mühe unter Beachtung der in den Röhrenlisten veröffentlichten Betriebsdaten auch diese Röhren in den beschriebenen Verstärkern betreiben können.

## Inhalt


1. Verstärker für Tonaufnahme und Wiedergabe ..... 5
   a) Die wichtigsten Eigenschaften von Verstärkern .... 6
   b) Sprechleistung, Eingangsempfindlichkeit und Verstärkungsziffer ..... 7
   c) Der Klirrfaktor ..... 7
   d) Die Dynamik ..... 8
   e) Lineare Verzerrungen, Frequenzkurve ..... 8
   f) Die Auswertung von Verstärkerdaten ..... 9
2. Die Röhrenbestückung (Ein- oder Mehrgitterröhren?).. 10
3. Mikrofonverstärker ..... 14
4. Fotozellenverstärker ..... 16
5. Tonabnehmerverstärker ..... 20
6. Wiedergabeverstärker für Magnetband-Wiedergabe .. 23
7. Übertragungs-, Steuer- und Trennverstärker ..... 24
8. Lautsprecherverstärker ..... 26
9. Schreiberverstärker für die Schallfolienaufnahme .... 29
10. Aufsprechverstärker für Magnetton-Aufnahmen ..... 30
11. Mischpultverstärker ..... 31
12. Universalverstärker ..... 35
   a) 25-Watt-Universalverstärker nach Philips..... 38
   b) Der selbstgebaute Universalverstärker ZV 26 d .... 43
   c) Lorenz-75-Watt-Verstärker ..... 50
13. Mehrkanalverstärker ..... 52
14. Tonblende oder Entzerrer? ..... 55
15. Aufbau von Verstärkern ..... 58

## 1. Verstärker für Tonaufnahme und Wiedergabe

Wenn man versucht, die vielen Arten von Tonfrequenzverstärkern in Gruppen einzuteilen, und dann nach einem Ausdruck sucht, der unmißverständlich etwas über den Verwendungszweck aussagt, merkt man bald, daß das gar nicht so einfach ist. Eine Einstufung nach Verstärkungsziffer, Sprechleistung oder Stufenzahl scheint zunächst naheliegend, aber sie sagt nichts über den Verwendungszweck aus. Im kommerziellen Betrieb teilt man die Verstärker vielfach in drei Gruppen ein, nämlich in Quell-, Übertragungs- und Verbraucherverstärker. Die Quellverstärker sind besonders für den Anschluß an eine bestimmte Tonfrequenzquelle ausgelegt, zum Beispiel an einen Tonabnehmer oder ein Mikrofon. Die Übertragungsverstärker sollen nur eine bestimmte Verstärkungsziffer bringen, oder sie dienen auch nur zur Trennung verschiedener Verstärkerkanäle, und die Verbraucherverstärker sind auf die Eigenschaften bestimmter Verbraucher, zum Beispiel die von Lautsprechern, Tonschreibern und dergleichen ausgelegt. Diese Klassifizierung ist für den kommerziellen Betrieb zweifellos sehr brauchbar, denn dort werden, bedingt durch die vielfach wechselnden Übertragungsaufträge, ganze „Verstärkerstraßen" für Sonderzwecke dadurch zusammengeschaltet, daß man durch Zusammenklinken der jeweils geeigneten Spezialverstärker den richtigen „Verstärkersatz" in „Bausteinmanier" zusammenfügt. Für den zivilen Bedarf ist jedoch nicht nur diese Arbeitsweise, sondern auch diese Klassifizierung unpraktisch. In einem einzigen Gehäuse sind hier meist Quell-, Übertragungs- und Verbraucherverstärker vereint, und schon deshalb ist es schwierig, einen solchen Verstärker in der oben genannten Form treffend zu klassifizieren.

Es käme nämlich ganz darauf an, von welcher Seite aus man den Verstärker betrachten würde. Von der Eingangsseite aus könnte man dann vielleicht von einem Quellverstärker sprechen, weil als Tonfrequenzquelle ein Mikrofon vorgesehen ist, und von der Ausgangsseite her hätte man

einen Verbraucherverstärker vor sich, weil ein Lautsprecher angeschlossen werden soll. Deshalb ist es für unsere Leser zweckmäßiger, ganz allgemein eine lose Einteilung zu treffen nach Verstärkern für „Tonaufnahme" und „Wiedergabe". Dabei soll dann der Begriff „Tonaufnahme" aber nicht mit „Tonaufzeichnung" verwechselt werden. Unter *Tonaufnahme* wollen wir hier zur Vereinfachung die Umwandlung von natürlichem Schall, oder die Umwandlung von Tonschrift in Tonfrequenz verstehen, unter *Wiedergabe* dagegen die Rückverwandlung von Tonfrequenz in Schall, oder auch die Rückverwandlung in Bewegung, Licht oder Magnetismus zum Zwecke der Schallaufzeichnung.

Zugegeben, diese Einteilung ist nicht wissenschaftlich exakt, aber für die Zwecke des Praktikers einfach und praktisch.

### a) Die wichtigsten Eigenschaften von Verstärkern

Nicht nur beim Laien, sondern mitunter auch beim Fachmann findet man die irrige Meinung vertreten, die Eigenschaften eines Verstärkers seien schon hinreichend durch Nennung *eines* Faktors, zum Beispiel der Sprechleistung, charakterisiert. So einfach liegen aber die Verhältnisse durchaus nicht. Ein ganz einfaches Beispiel mag dies verdeutlichen: Wer viel mit der Erstellung von Verstärkeranlagen zu tun hat, bekommt mit der Zeit ein gewisses Gefühl dafür, wieviel „Lärm" zum Beispiel ein 25-Watt-Verstärker machen kann. Mit anderen Worten: er kann so ungefähr beurteilen, welchen Raum er mit einem derartigen Verstärker ausreichend beschallen kann. Nun ändern sich diese Verhältnisse aber sofort, wenn zum Beispiel andere Lautsprecher verwendet werden, die einen schlechteren oder besseren Wirkungsgrad haben, als die sonst benutzten. Wird als Tonfrequenzquelle ein besonders hochwertiges — und daher auch unempfindliches — Mikrofon angeschlossen, dann ist es denkbar, daß dieses ohne eine zusätzliche Vorverstärkung gar nicht in der Lage wäre, den vorhandenen Verstärker so weit auszusteuern, daß tatsächlich 25 Watt Sprechleistung erzielbar sind. Man müßte also mindestens noch die Eingangsspannung kennen, die erforderlich ist, um den Verstärker voll auszu-

steuern. Mit diesen beiden Zahlen kann der Praktiker tatsächlich schon etwas anfangen. Für die heutigen hochwertigen Anforderungen genügen sie aber noch nicht. Es ist vielmehr notwendig, daß sich der Praktiker wenigstens mit den wichtigsten Begriffen vertraut macht, die die Eigenschaften eines Verstärkers charakterisieren.

**b) Sprechleistung, Eingangsempfindlichkeit und Verstärkungsziffer**

Diese drei Begriffe hängen eng zusammen. Die Verstärkungsziffer sagt aus, um welchen Faktor die Eingangsspannung im Verstärker vervielfacht wird, wenn der Lautstärkeregler voll aufgedreht ist. Man unterscheidet dabei zwischen einer ideellen und einer reellen Verstärkung. Die ideelle Verstärkung bezieht sich auf die Spannungsverhältnisse zwischen Gitter und Null der ersten Stufe und Anode und Null der letzten Stufe, die reelle Verstärkung dagegen auf die Spannungsverhältnisse zwischen Eingangs- und Ausgangsklemmen. Diese Spannungsverhältnisse sind dann unterschiedlich, wenn am Eingang oder Ausgang, oder an beiden, Aufwärts- oder Abwärtsübertrager vorgesehen sind.

Bei Leistungsverstärkern gibt die „Sprechleistung" diejenige tonfrequente Nutzleistung an, die bei Inkaufnahme eines bestimmten Klirrfaktors bei Vollaussteuerung und richtiger Anpassung dem Verstärker entnommen werden kann.

Die Eingangsempfindlichkeit ist diejenige Steuerspannung, die bei voll aufgedrehtem Lautstärkeregler am Eingang erforderlich ist, um die volle Sprechleistung zu erzielen.

**c) Der Klirrfaktor**

Einem Verstärker haftet die Gefahr an, daß er in eine Übertragung Verzerrungen hineinbringt. Am unangenehmsten sind die sogenannten „nichtlinearen" Verzerrungen. Durch diese werden im Verstärker ursprünglich nicht vorhandene Obertöne gebildet. Diese unerwünschten Obertöne werden in Prozenten gemessen. Sie entstehen nicht nur bei falscher Einstellung des Arbeitspunktes der Röhren, sondern auch

dann, wenn eine Röhre übersteuert wird. Bei Endröhren können zum Beispiel die in den Röhrenlisten angegebenen Sprechleistungen noch überschritten werden, aber dann würde der Klirrfaktor so stark ansteigen, daß er für das Ohr unerträglich würde. Deshalb hat es sich eingebürgert, die Endleistung eines Verstärkers unter Inkaufnahme eines Klirrfaktors anzugeben, der für das Ohr noch kaum wahrnehmbar ist. So gibt man die Sprechleistung von End-Trioden bei einem Klirrfaktor von 5 % und die von Pentoden bei einem Klirrfaktor von 10% an, bzw. man bezieht jede Leistungsangabe auf einen gleichzeitig zu nennenden Klirrfaktor.

**d) Die Dynamik**

Unter „Dynamik" versteht man das Verhältnis von Störgeräusch zu höchster unverzerrter Lautstärke, gemessen am Verstärkerausgang. Jeder Verstärker hat unerwünschte Eigengeräusche, die von nicht vollkommener Siebung, von unvermeidbaren Einstreuungen sowie vom Röhren- und Widerstandsrauschen herrühren. Je nach dem konstruktiven Aufwand, den man beim Entwurf des Verstärkers zuließ, und je nach dem Geschick des betreffenden Konstrukteurs wird dieses Verhältnis möglichst günstig gewählt. Die Dynamik eines Verstärkers ist also ein sehr wichtiges Kriterium. Wenn zum Beispiel am Ausgang eines Kraftverstärkers maximal 100 Volt Ausgangsspannung bei einer Störspannung von 0,5 Volt zur Verfügung stehen, dann ist das Nutz-Störspannungsverhältnis, also die Dynamik, 1:200. Man kann auch sagen, die Störspannung beträgt 0,5 %, oder die Dynamik ist 5,3 Np (Neper) bzw. 46 db (Dezibel).

**e) Lineare Verzerrungen, Frequenzkurve**

Lineare Verzerrungen treten ein, wenn bestimmte Frequenzen besser oder schlechter übertragen bzw. verstärkt werden, als die übrigen. Diese Erscheinungen sind besonders bei den tiefsten und höchsten Tönen zu beobachten. Zumeist sinkt bei handelsüblichen Verstärkern die Verstärkung bei den Bässen und Höhen gegenüber der Mittellage etwas ab, es sei denn, es sind besondere Maßnahmen getroffen, die das verhindern. Nun sind die Begriffe „tiefste" und „höchste"

Töne nicht exakt genug, man muß da schon eine genauere Angabe machen. Deshalb sagt man zum Beispiel: Gleichmäßige Verstärkung zwischen 100 und 7000 Hz und Abweichung bei 50 und 10 000 Hz um 30 % bzw. 0,27 Np. Aber auch das ist noch nicht ganz exakt, denn man weiß dann immer noch nicht, um wieviel die Verstärkung bei vielleicht 70 oder 9000 Hz zurückgegangen ist. Deshalb trägt man die Verstärkung in Form einer sogenannten Frequenzkurve in ein Koordinatensystem (**Bild 1**) ein. Auf der waagerechten Achse sind

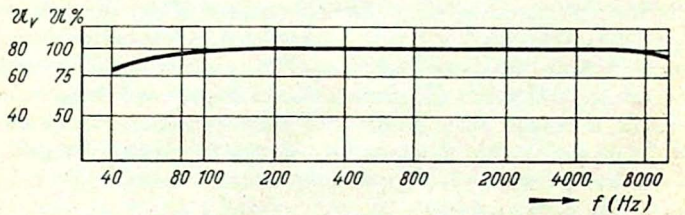



*Bild 1. Frequenzkurve eines Kraftverstärkers*

die Frequenzen und auf der senkrechten Achse die Ausgangsspannungen aufgetragen. An Stelle von Spannungen sind senkrecht mitunter auch Prozentzahlen oder die logarithmischen Maße db (Dezibel) oder Np (Neper) aufgetragen. Als Normal- oder Vergleichsfrequenz wird eine Frequenz von 800 oder 1000 Hz angenommen. Man bezieht also alle Vergleiche auf die Spannung bei dieser Frequenz. Manchmal sind die Kurven gleich so gezeichnet, daß dieser Vergleich sehr leicht ist. Dann wird in der senkrechten Achse die bei 800 oder 1000 Hz gemessene Spannung als „Null" oder als „100 %" angenommen und die Abweichung nach oben oder unten ist schon fertig ausgerechnet. Auf alle Fälle erlaubt aber die Frequenzkurve eine ausgezeichnete Beurteilung der klanglichen Qualität eines Verstärkers auf einen Blick.

**f) Die Auswertung von Verstärkerdaten**

Wir haben die wichtigsten Eigenschaften von Verstärkern, die in den sogenannten „Verstärkerdaten" festgelegt sind, kurz erklärt, um später mit diesen Begriffen arbeiten zu können. Es genügt nun aber nicht, daß man mit diesen Aus-

drücken jongliert, sie sich vielleicht auch merkt, ohne sich etwas darunter vorstellen zu können. Hierzu ein Vergleich: Wenn der Kraftfahrer von einer Geschwindigkeit von 40 Stundenkilometern spricht, dann kann er sich auf Grund seiner Praxis darunter ein bestimmtes Fahrttempo vorstellen. Genau so soll es in der Verstärkerpraxis sein. Man muß einen ungefähren Begriff davon haben, was ein Abfall der Verstärkung um beispielsweise 50 % klanglich ausmacht. Wenn man beim Umgang mit Verstärkern sich bemüht, diese Zusammenhänge kritisch zu betrachten, vor allem sie auch zu beachten, dann stellt sich mit der Länge der Zeit ein gewisser sechster Sinn für diese Dinge ein. Wenn diese Zeilen hierzu anregen, dann haben sie auch in dieser Beziehung ihren Sinn erfüllt. Auf alle Fälle sollte man sich allmählich daran gewöhnen, die in den Firmenangaben niedergelegten Verstärkerdaten aufmerksam durchzudenken und aus ihnen die richtigen Schlüsse zu ziehen.

## 2. Die Röhrenbestückung (Ein- oder Mehrgitterröhren?)

Eine immer wieder diskutierte Frage ist die, ob ein Verstärker, der mit Trioden bestückt ist, „besser" sei, als ein Pentodenverstärker.

Bekannt ist die Tatsache, daß Pentoden wirtschaftlicher arbeiten als Trioden. Um eine bestimmte Verstärkung zu erreichen, sind bei Trioden mehr Stufen erforderlich und damit auch mehr Heiz- und Anodenstrom. Dieser höhere Aufwand an Röhren wird allerdings zum Teil dadurch ausgeglichen, daß der Pentodenverstärker zusätzliche Schaltmittel zur Linearisierung der Frequenzkurve und zur Erzeugung der Hilfsgitterspannungen erfordert. Die höheren Stromkosten des Triodenverstärkers aber müssen in Kauf genommen werden.

Trotzdem haftet dem Pentodenverstärker der Ruf an, er sei in klanglicher Beziehung schlechter als der Triodenverstärker. Woran liegt das?

Pentoden haben einen höheren Innenwiderstand als Trioden. Deshalb geben schädliche Schaltkapazitäten und die Gitterkapazität der folgenden Stufe leicht Anlaß zur Beschneidung der Höhen. Infolge der hohen Verstärkung muß ferner die Überbrückung der Katodenwiderstände sehr reichlich dimensioniert werden, um keine Verluste bei den Tiefen zu bekommen. Die Ausgangsübertrager in den Leistungsstufen müssen ferner sehr sorgfältig bemessen sein. Durch geschickte Anwendung von Gegenkopplungen gelingt es jedoch, auch mit Pentoden versehene Verstärker als Qualitätsverstärker aufzubauen. Dies erfordert aber sehr sorgfältige Entwicklungsarbeiten und umfangreiche Messungen. Da zum Beispiel Gegenkopplungen immer die Verstärkung herabsetzen, sind sie kein Allheilmittel, denn wenn man die Gegenkopplung zu weit treibt, kommt man schließlich an einen Punkt, an dem man mit gleichem Erfolg auch eine einfache Triode verwenden könnte. Der Konstrukteur muß also beim Entwurf eines derartigen Verstärkers sehr sorgfältig nach einer Kompromißlösung zwischen Aufwand und Leistung suchen. Die günstigste Dimensionierung der Gegenkopplungswege linearisiert dann zum Beispiel auch den Frequenzgang des Ausgangsübertragers. Wenn hier nun ein anderes Fabrikat verwendet wird, ist es erforderlich, die Gegenkopplung umzudimensionieren.

Diese Tatsachen sind der Hauptgrund, weshalb sich der Triodenverstärker für den Selbstbau so großer Beliebtheit erfreut. Die aufgezeigten Schwierigkeiten sind hier viel geringer und der Triodenverstärker ist für den Privatmann „bausicherer".

**Bild 2** zeigt einen typischen hochwertigen Selbstbauverstärker mit 2 × AC 2 und 2 × AD 1 in der Endstufe. Es fällt die große Einfachheit der Schaltung auf. Verwendet man erstklassige Übertrager, dann arbeitet solch ein Verstärker zwischen 50 und 10 000 Hz praktisch linear.

In **Bild 3** ist ein hochwertiger industrieller Pentodenverstärker gezeigt. Dieser arbeitet nach Angaben des Herstellers zwischen 30 und 12 000 Hz linear. In der industriellen Fertigung ist er weit billiger herzustellen, als der Verstär-

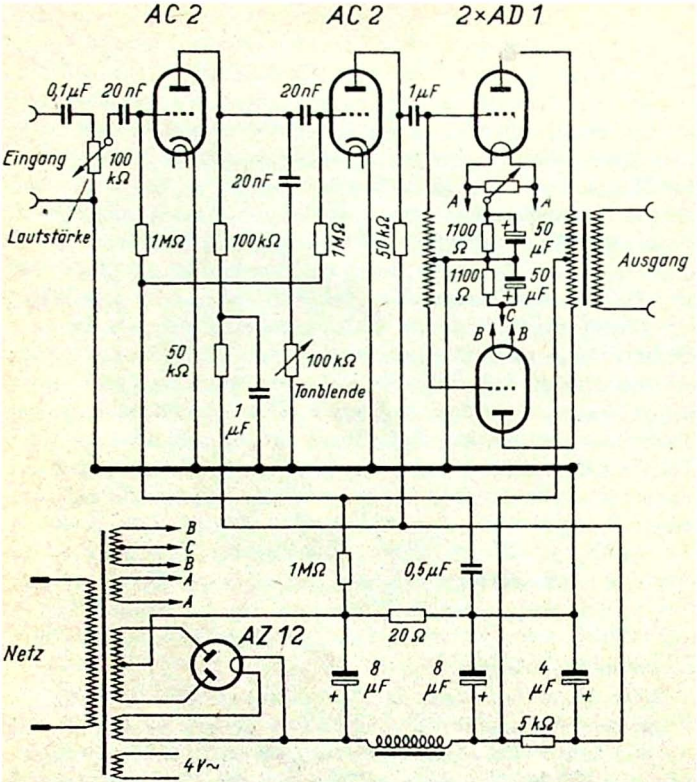



*Bild 2. Ein typischer Triodenverstärker, der sich wegen seiner einfachen Schaltung besonders zum Selbstbau eignet*

ker nach Bild 2, aber er erfordert eben eine sehr sorgfältige Konstruktion. Der Katodenwiderstand der ersten Stufe ist nicht überbrückt. Dadurch entsteht eine gewollte Stromgegenkopplung, die zur Linearisierung der Frequenzkurve ausgenutzt wird. Die Schirmgitterspannung ist mit 0,1 µF nach Katode (!!) verblockt. Die zweite Röhre arbeitet als Triode. Auch hier ist der Katodenwiderstand nicht überbrückt, weil von der Endstufe eine Gegenkopplungsspannung eingeführt

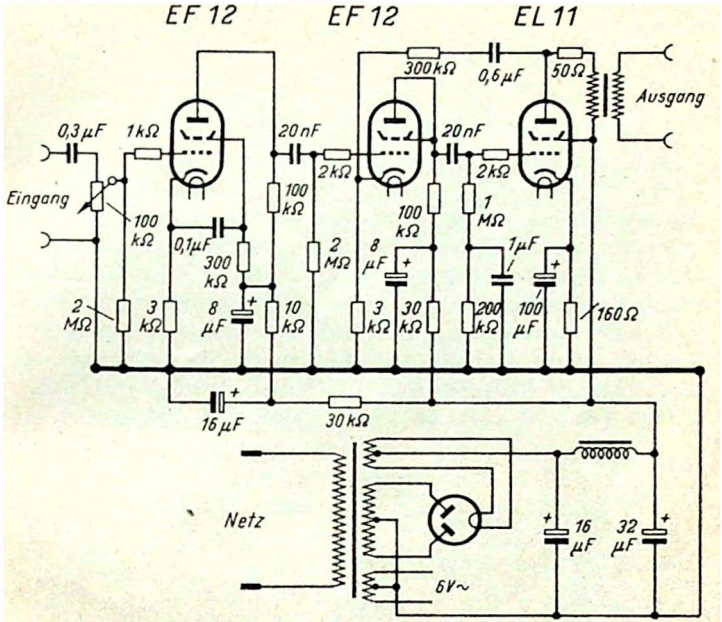



*Bild 3. Sorgfältig durchdachte Schaltung eines Pentodenverstärkers*

wird. Längswiderstände vor den Steuergittern und sehr sorgfältige Entkopplung in der Stromversorgung sorgen für stabiles Arbeiten.

Man sieht also, welche Mühe sich der Konstrukteur gegeben haben muß, um einen in jeder Weise einwandfreien Verstärker zu entwerfen. Der Nachbau einer solchen Schaltung ist aber nur zweckmäßig, wenn man tatsächlich genau die gleichen Einzelteile verwendet, wie im Originalgerät. Schon ein anderer Ausgangsübertrager kann die Eigenschaften eines derartigen Verstärkers weitgehend verändern. Im neuzeitlichen Verstärkerbau ist man bemüht, die Verwendung von Übertragern einzuschränken. Die Verbundröhren erlauben das, ohne die Röhrenzahl zu erhöhen. Allerdings ist der Nachbau derartiger Verstärker nicht mehr ganz einfach. Des-

halb sei nochmals gesagt: Für den wenig erfahrenen Praktiker ist nach wie vor der einfache Triodenverstärker das bausicherste Selbstbaugerät.

## 3. Mikrofonverstärker

Sehr einfach aufgebaut sind sogenannte Mikrofonvorverstärker. Hochwertige Mikrofone geben im Betrieb so geringe Spannungen ab, daß eine zusätzliche Verstärkung erforderlich wird, um handelsübliche Kraftverstärker aussteuern zu können. Da moderne Qualitätsmikrofone das ganze interessierende Frequenzband beherrschen, sind Entzerrungsmaßnahmen in der Regel nicht erforderlich. Allerdings sind diese Verstärker wegen der hohen nachfolgenden Verstärkung sehr brummempfindlich. Deshalb baut man Mikrofonverstärker auch heute noch gern als getrennte Einheit, kapselt sie all-

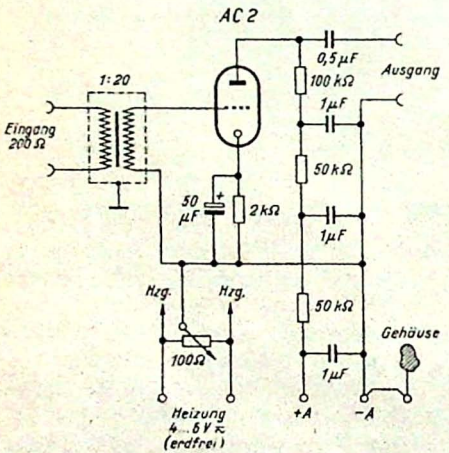



*Bild 4. Einstufiger Mikrofonvorverstärker*

seitig und ordnet sie in gehöriger Entfernung von stark streuenden Netztransformatoren oder Drosseln an. Mitunter zieht man auch heute noch Batteriebetrieb vor, obwohl bei ausreichender Siebung einem Netzbetrieb nichts im Wege steht.

**Bild 4** zeigt die Schaltung eines solchen Mikrofonvorverstärkers, der mit einer Triode nach Art der AC 2, einer EF 12 als

Triode geschaltet oder einer ähnlichen Röhre bestückt ist. Er kann entweder aus Batterien betrieben, oder seine Betriebsspannungen können dem Netzteil des Hauptverstärkers entnommen werden. Die Röhre kann wahlweise mit Wechsel-

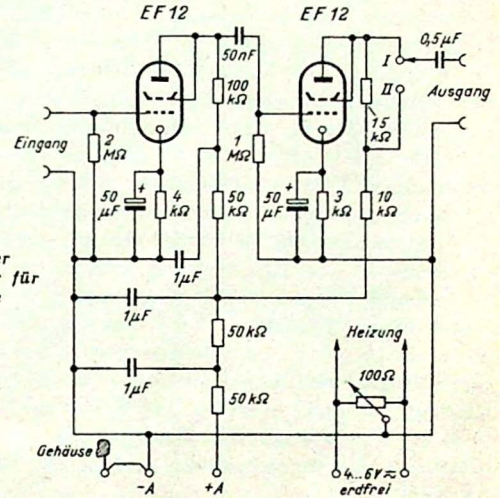



*Bild 5. Zweistufiger Mikrofonvorverstärker für Kristallmikrofone*

oder Gleichstrom geheizt werden. Für Wechselstromheizung ist ein besonderer Entbrummer vorgesehen. Weil dessen Schleifer an Masse liegt, ist zu beachten, daß die Heizwicklung im Hauptverstärker nicht bereits irgendwie mit Masse verbunden ist. Der Eingangsübertrager ist etwa 1 : 20 übersetzt und erlaubt den Anschluß von Kondensatormikrofonen sowie von Kohle- und dynamischen Mikrofonen mit einem Kennwiderstand von etwa 200 Ω. Der Übertrager ist nochmals für sich allein gepanzert. Die Anodenspannung ist sehr sorgfältig durch eine dreigliedrige Siebkette gefiltert.

**Bild 5** gibt die Schaltung eines Mikrofonvorverstärkers für Kristallmikrofone wieder. Er ist zweistufig und hat einen Eingangswiderstand von 2 MΩ. Der Arbeitswiderstand der zweiten Röhre ist unterteilt. Durch Umklemmen ist es möglich, zwei verschiedene Verstärkungsziffern einzustellen. Auch

dieser Vorverstärker kann wahlweise mit Batterien oder aus dem Netzteil des Hauptverstärkers betrieben werden.

Die Schaltung eines neuzeitlichen Vorverstärkers von Telefunken (Ela V 1145) ist in **Bild 6** gezeigt. Im Gegensatz zu den vorher beschriebenen Vorverstärkern ist dieser mit einem eingebauten Netzteil versehen. Durch besondere konstruktive Maßnahmen ist es gelungen, Einstreuungen aus dem Netzteil zu vermeiden. Der Eingangsübertrager erlaubt den Anschluß von Mikrofonen mit einem Scheinwiderstand um 200 Ω. Der Ausgangsübertrager paßt den Verstärker an Leitungen mit ungefähr 100 Ω an, so daß unter Umständen Leitungslängen bis zu einem Kilometer und mehr bis zum Eingang des Hauptverstärkers zulässig sind. Zur weitgehenden Linearisierung der Frequenzkurve sind beide Stufen gegengekoppelt. Lautstärkeregler und Entbrummer sind mittels Schraubenzieher bei Inbetriebnahme auf den günstigsten Wert einzustellen. Durch einen Schaltkniff wird erreicht, daß die Mindestlautstärke nicht „Null" ist, sondern etwa 2 %. Dadurch kann nicht durch versehentliches Zudrehen des Lautstärkereglers der Eindruck erweckt werden, der Vorverstärker sei schadhaft. Das ist im kommerziellen Betrieb sehr nützlich, um bei einer Störungssuche unnötigen Zeitverlust zu vermeiden.

## 4. Fotozellenverstärker

Ähnlich dem Mikrofonvorverstärker hat der Fotozellenverstärker die Aufgabe, die von der Fotozelle gelieferte Tonfrequenz soweit zu verstärken, daß man damit den Hauptverstärker aussteuern kann. Jedoch werden noch zwei Sonderforderungen gestellt, die der Betrieb im Lichtspielhaus bedingt. Die Gleichstromvorspannung für die Fotozelle muß ohne Inanspruchnahme von Batterien direkt aus dem Verstärker entnommen werden können, und zwar getrennt für zwei Projektoren, und die Lautstärke muß vom Zuschauerraum aus regelbar sein. Diese Fernregelung über einen „Saalregler" ist deshalb erforderlich, weil der Vorführer wegen des Laufgeräusches der Vorführmaschinen und wegen der räumlichen Trennung vom Zuschauerraum gar nicht in der Lage wäre, die eingestellte Lautstärke richtig zu beurteilen.

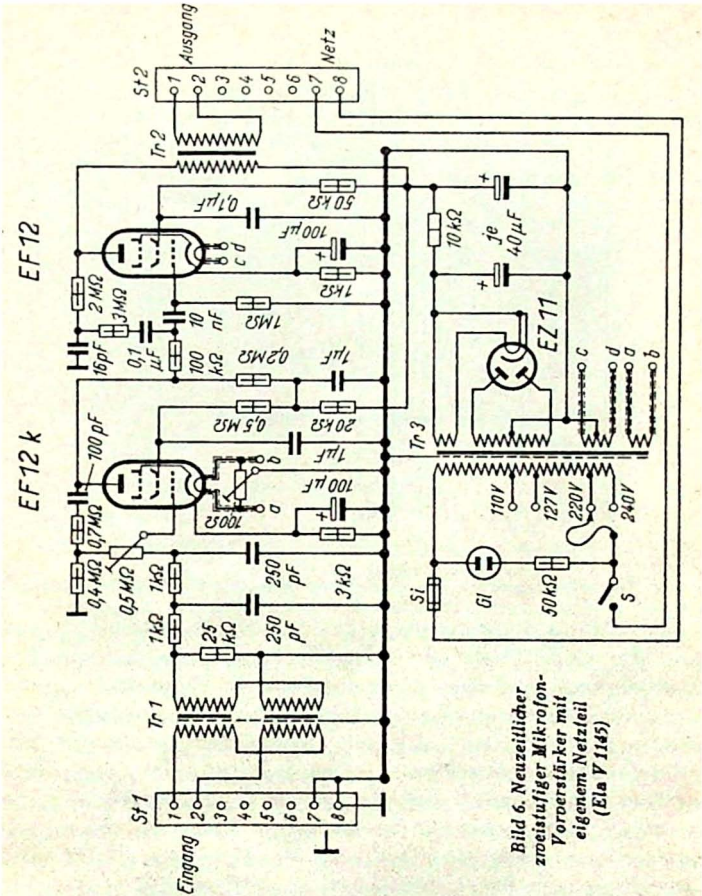



Bild 6. Neuzeitlicher zweistufiger Mikrofon-Vorverstärker mit eigenem Netzteil (Ela V 1145)

In **Bild 7** ist die Schaltung eines derartigen Verstärkers gezeigt, wie er entweder als selbstständige Einheit in Verbindung mit einem handelsüblichen Kraftverstärker, oder auch gleich als Teil eines solchen verwendet wird. Da die Fotozelle eine *Vorspannung* braucht und kein Strom fließt, können die Siebwiderstände sehr groß gewählt werden, so daß ohne

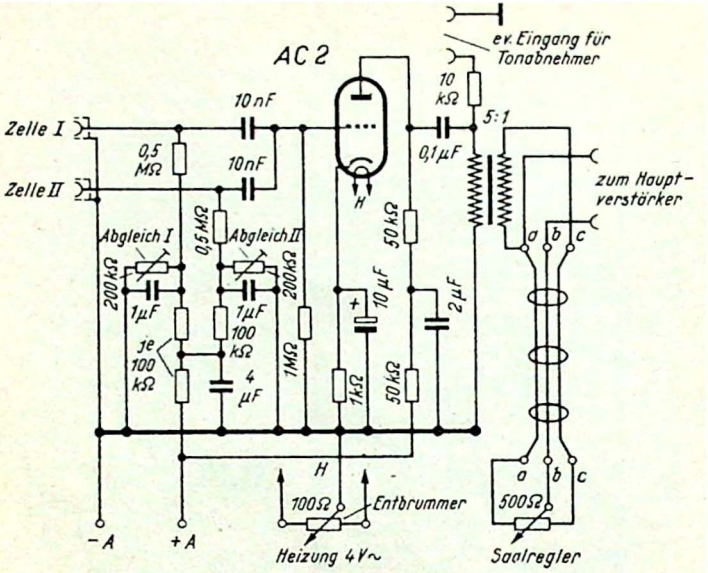



*Bild 7. Fotozellenverstärker für zwei Projektoren mit Tonfrequenz-Saalregler*

viel Aufwand ausreichende Siebzahlen erzielt werden können. Die Empfindlichkeit der Fotozelle hängt von der erteilten Vorspannung und dem Alter der Zelle ab. Deshalb ist es üblich, die Zellenspannung regelbar zu machen, um beide Projektoren auf gleiche Lautstärke abgleichen zu können. Das ist erforderlich, damit beim Aktschluß und dem dabei erfolgenden Überblenden auf die andere Maschine keine Lautstärkesprünge auftreten. In einfacher Weise ist dieser Abgleich durch die beiden Ballastwiderstände von 200 kΩ möglich, die mittels Schraubenzieher einstellbar sind.

Das zweite Problem, die Fernregelung, macht folgende Überlegung nötig: Die Scheinwiderstandsverhältnisse im Tonfrequenzkanal sind sowohl gitter- als auch anodenseitig hochohmig. Würde man hier einen Regler über eine längere Leitung einfügen, würden die hohen Töne infolge der Leitungskapazität stark beschnitten. Außerdem wäre es nicht

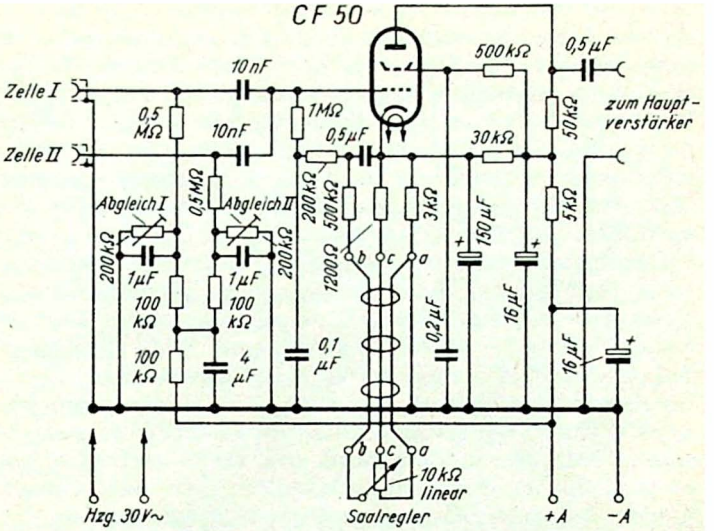



*Bild 8. Fotozellenverstärker für zwei Projektoren mit Gittervorspannungs-Saalregler*

ganz einfach, eine wirklich zuverlässige Abschirmung sicherzustellen. Man fügt daher hinter der Vorverstärkerröhre einen Abwärtsübertrager etwa 5 : 1 ein, der damit die Reglerleitung auf einen Scheinwiderstand von etwa 500 Ω bringt. Bei diesem niedrigen Leitungswiderstand treten die angeführten Schwierigkeiten nicht mehr auf. Der Spannungsverlust von 80 % kann am Eingang des Hauptverstärkers durch einen Aufwärtsübertrager, der ohne weiteres 1 : 20 übersetzt sein darf, mehr als wettgemacht werden. Um allerdings lineare Verzerrungen durch die zweimalige Transformation zu vermeiden, müssen die Übertrager erstklassig sein. Außerdem verlangen sie eine Permalloy-Kapselung, um nicht Brummeinstreuungen aus dem Netzteil aufzunehmen.

Nun ist man schon aus Preis- und Rohstoffgründen im neuzeitlichen Verstärkerbau immer mehr bemüht, Übertrager einzusparen. Deshalb geht man vielfach einen anderen Weg. Ein Beispiel hierfür ist der Fotozellenverstärker nach **Bild 8.**

Hier wird nicht im Tonfrequenzkanal selbst geregelt, sondern man verändert die negative Gittervorspannung einer Regelröhre. Dadurch führt die Regelleitung nur Gleichstrom und ist völlig unempfindlich gegen Einstreuungen aller Art. Teure Übertrager entfallen, der Aufbau wird sehr einfach, und der bei der Schaltung nach Bild 7 durch zusätzliche Aufwärtstransformation erzielbare Gewinn an Verstärkung wird hier schon von Haus aus durch die höhere Verstärkungsziffer der verwendeten Röhre sichergestellt. Die Entkopplungs- und Siebmaßnahmen sind bei derartigen Verstärkern sehr sorgfältig durchgeführt. Die Einkopplung der Tonfrequenz von einem Plattenspieler, einem Kinogong oder einem Magnettongerät erfolgt bei einem Verstärker nach Bild 7 über einen Vorwiderstand an der Primärseite des Abwärtsübertragers. Bei dem Verstärker nach Bild 8 müßte die Einkopplung bereits im Gitterkreis erfolgen, damit die zusätzlich angeschlossenen Tonfrequenzquellen durch den Saalregler mit erfaßt werden. Das ist aber nicht ganz einfach, denn dann müssen wieder zusätzliche Dämpfungsglieder eingefügt werden. Daher wird vielfach in Kinoverstärkern wie folgt verfahren:

Die Fotozellenverstärkung erfolgt in einer einfachen Triode, so wie es Bild 7 zeigt. Der Abwärtsübertrager entfällt und die zusätzlichen Tonfrequenzquellen werden über Vorwiderstände mittels eines Kondensators von etwa 1 µF auf die Anode der Triode geschaltet. Erst die zweite Stufe ist dann eine Regelröhre mit Fernregelung gemäß Bild 8, nur fällt dann natürlich die RC-Kettenanordnung weg, die die Fotozellenvorspannung erzeugt, weil dies ja bereits in der ersten Stufe erfolgt.

## 5. Tonabnehmerverstärker

Aus den Gründen, die im Abschnitt „Entzerrung" in Band 7 der Radio-Praktiker-Bücherei „Neuzeitliche Schallfolienaufnahme" näher erläutert sind, ist man gezwungen, bei der Schallplatten- und Schallfolienaufnahme die Bässe schwächer aufzuzeichnen, als die übrigen Töne. Um ein natürliches Klangbild zu erhalten, muß bei der Wiedergabe durch einen

Entzerrer der Bereich unter 200 Hz wieder angehoben werden. Tonabnehmerverstärker sind mit derartigen Entzerrern ausgerüstet und in der Verstärkung so bemessen, daß sie auch die durch den Entzerrer verursachte Dämpfung ausgleichen. In **Bild 9** ist ein solcher Tonabnehmerverstärker gezeichnet,

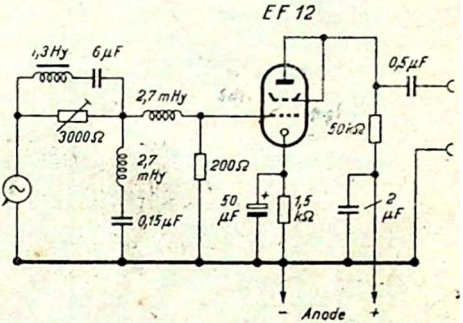



*Bild 9.*
*Tonabnehmerverstärker mit Nadelgeräuschsieb für einen niederohmigen Studiotonabnehmer*

und zwar ein für niederohmige Studiotonabnehmer bestimmtes Gerät. Der Resonanzkreis mit der Drossel von 1,3 Hy und dem Kondensator von 6 µF dient der Tiefenanhebung. Seine Wirkung kann mit dem Regelwiderstand von 3 kΩ eingestellt werden. Die beiden Drosseln von 2,7 mHy bewirken zusammen mit dem Kondensator von 0,15 µF die Aussiebung des Nadelgeräusches.

Da die Verstärkerröhre im wesentlichen dem Ausgleich von Entzerrerverlusten dient, spricht man bei Tonabnehmerverstärkern mitunter auch von „Röhrenentzerrern". Es gibt sehr viele Schaltmöglichkeiten. Mitunter wird die Frequenzkorrektur durch einfache RC-Glieder und durch Gegenkopplung bewirkt. Hochohmige Tonabnehmer geben zumeist eine so reichliche Spannung ab, daß auch bei Anwendung eines Entzerrers keine zusätzliche Verstärkerröhre erforderlich ist. Die Schaltung eines Entzerrers für hochohmige Tonabnehmer ist gleichfalls im Band 7 der Radio-Praktiker-Bücherei angegeben. Natürlich kann dieser Entzerrer ebenfalls zusammen mit einer Verstärkerröhre verwendet werden, sofern das erforderlich ist.

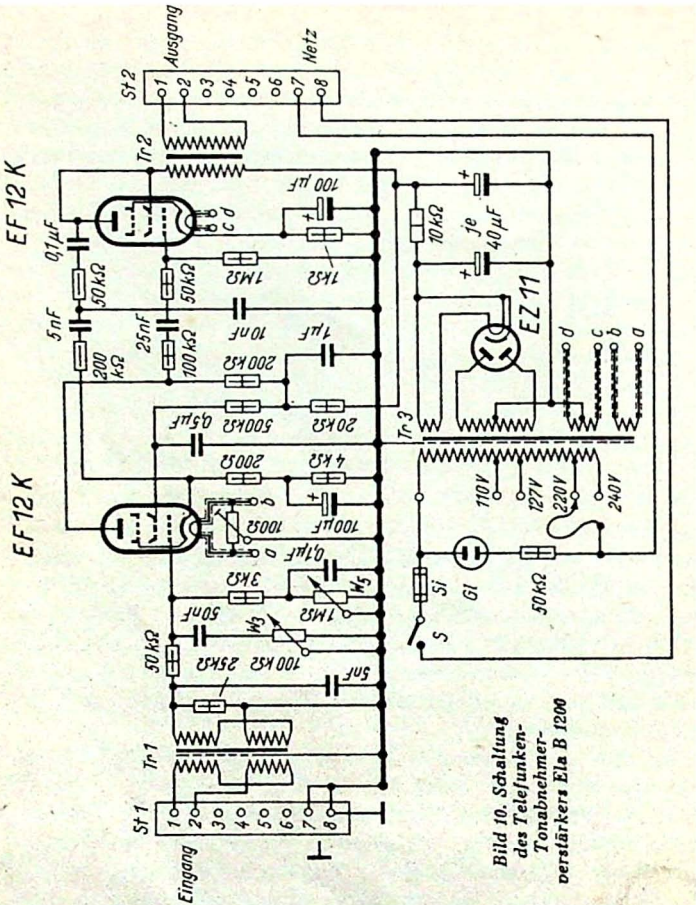



Bild 10. Schaltung des Telefunken-Tonabnehmerverstärkers Ela B 1200

In **Bild 10** ist die Schaltung eines von der Industrie gefertigten Tonabnehmerverstärkers wiedergegeben. Es handelt sich hierbei um den Telefunken-Verstärker Ela B 1200, der speziell für den Tonabnehmer TO 1002 entwickelt worden ist. Auf der Sekundärseite sind zwei regelbare Entzerrungsglieder angebracht. Der Regler $W_3$ gestattet es, die Wirkung der Nadelgeräuschaussiebung einzustellen, und der

Regler $W_5$ den Grad der Baßanhebung. Beide Verstärkerröhren sind vom Typ EF 12 k. Von der Anode der zweiten Stufe führt ein Gegenkopplungsweg zurück in den Katodenkreis der ersten Stufe. Diese Gegenkopplung dient zur Linearisierung der Frequenzkurve des Ausgangsübertragers. Letzterer ist vorgesehen, weil der Tonabnehmerverstärker Ela B 1200 vornehmlich zum Einbau in Verstärkergestelle in Studioanlagen bestimmt ist. Dort ist es aber üblich, daß alle Leitungen auf einen Betriebswiderstand von ungefähr 200 Ω gebracht werden

## 6. Wiedergabeverstärker für Magnetband-Wiedergabe

Beim Abspielen von Magnettonbändern (Magnetophon-Aufnahmen) ist eine Anhebung der Höhen und Tiefen erforderlich. Der Grad der Anhebung richtet sich nach dem benutzten Wiedergabekopf. Daher ist bei Inbetriebnahme eines Magnet-

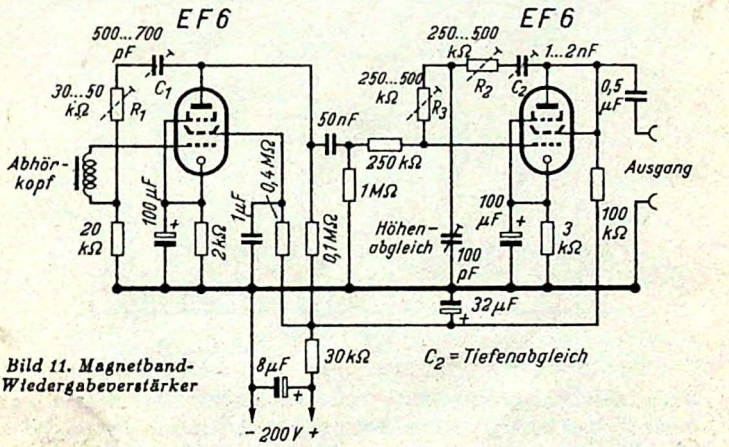



*Bild 11. Magnetband-Wiedergabeverstärker*

bandspielers eine sehr sorgfältige Einregelung der Entzerrerkurve mit Hilfe eines Meßbandes erforderlich. Man geht dabei so vor, daß zum Grobabgleich Widerstände oder Konden-

satoren auswechselbar angeordnet sind und der Feinabgleich durch Regelorgane vorgenommen wird, die mittels Schraubenzieher bedient werden. **Bild 11** zeigt die Schaltung eines derartigen Verstärkers. Um die gewünschte Frequenzkurve zu erzielen, werden die Widerstände $R_1$, $R_2$ und $R_3$ und die Kondensatoren $C_1$ und $C_2$ sowie der Trimmer von 100 pF verändert oder ausgewechselt. Vom richtigen Einstellen der Entzerrer hängt in hohem Maß die Güte der Wiedergabe ab. Die Einstellung darf daher nur durch einen Fachmann und unter Verwendung eines Meßbandes erfolgen.

## 7. Übertragungs-, Steuer- und Trennverstärker

Wie im Abschnitt 1 „Verstärker für Tonaufnahme und Wiedergabe" kurz angedeutet, sind Übertragungsverstärker ein Bindeglied zwischen Aufnahme- und Wiedergabeverstärkern. Sie sollen ein breites Frequenzband gleichmäßig verstärken und nur eine bestimmte gewünschte Verstärkungsziffer herstellen. Sie werden zwischen einen Aufnahmeverstärker und

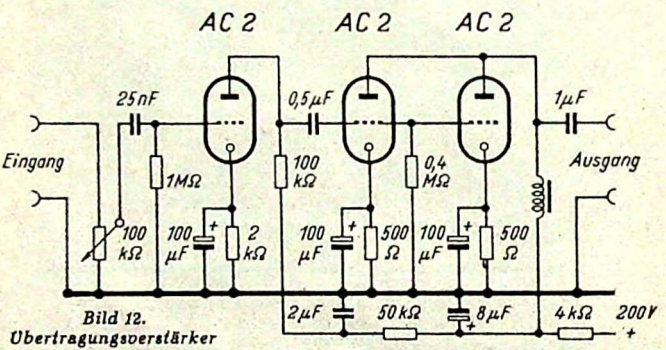



**Bild 12.**
*Übertragungsverstärker*

einen Wiedergabeverstärker oder ein Kabel geschaltet. Da diese Verstärker oft dazu dienen, einen oder mehrere Wiedergabeverstärker zu steuern, nennt man sie auch Steuerverstärker. **Bild 12** zeigt die Schaltung eines solchen Verstärkers. Es werden drei Trioden der Type AC 2 verwendet. In der zweiten Stufe sind zwei dieser Röhren parallel geschal-

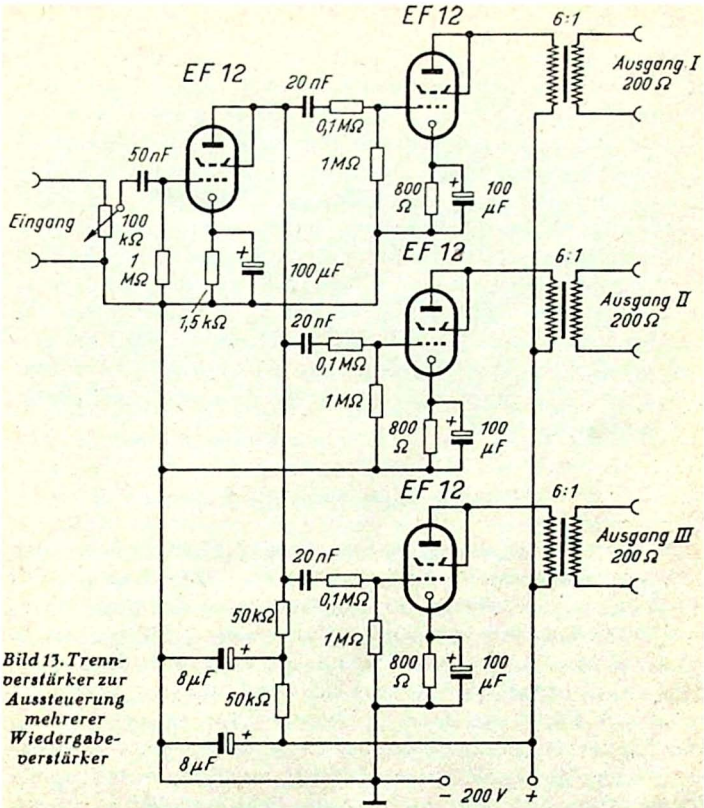



*Bild 13. Trennverstärker zur Aussteuerung mehrerer Wiedergabeverstärker*

tet, um auf einen niedrigen Ausgangsscheinwiderstand zu kommen. Die Siebung ist sehr sorgfältig durchgeführt, und um Verluste bei den Tiefen zu vermeiden, sind die Katodenwiderstände mit sehr großen Kapazitäten überbrückt.

Bei größeren Übertragungsanlagen kommt es darauf an, die Steuerspannung auf mehrere Verbraucher zu verteilen, und zwar derart, daß Rückwirkungen eines angeschlossenen Verbrauchers auf die anderen vermieden werden. Falls zum

Beispiel infolge einer Störung eine abgehende Leitung kurzgeschlossen wird, darf sich das auf die anderen Leitungen aus Gründen der Betriebssicherheit nicht auswirken. Zu diesem Zweck sieht man sogenannte *Trennverstärker* vor. **Bild 13** ist ein Beispiel hierfür. Die erste Stufe steuert mehrere anodenseitig völlig getrennte Stufen, die aber alle gitterseitig zusammengeschaltet sind. Die Gitter sind jedes für sich über einen Längswiderstand angeschlossen, so daß selbst im Falle eines Gitterschlusses die anderen Stufen hiervon nicht in Mitleidenschaft gezogen werden. Da die Ausgänge untereinander durch die zugehörige Röhre voneinander getrennt sind, ist so eine völlig rückwirkungsfreie Verteilung der Modulation auf verschiedene Kanäle möglich. Hauptaugenmerk wird bei diesen Verstärkern darauf gelegt, das sei nochmals hervorgehoben, daß das ganze interessierende Frequenzband *gleichmäßig* verstärkt wird.

## 8. Lautsprecherverstärker

Lautsprecherverstärker müssen die zum Betrieb eines oder mehrerer Lautsprecher erforderliche Sprechleistung liefern. Welche Leistung erforderlich ist, hängt in der Hauptsache von der Größe des zu beschallenden Raumes ab. Darüber hinaus muß ein guter Lautsprecherverstärker aber auch die besonderen akustischen Verhältnisse bei der Lautsprecherwiedergabe berücksichtigen. Ganz allgemein kann gesagt werden, daß handelsübliche Lautsprecher bei den tiefsten und höchsten Tönen eine schlechtere Schallabstrahlung bringen, als im mittleren Frequenzbereich. Besonders auffällig ist dieser Mangel bei den Tiefen. Hinzu kommt noch, daß die üblichen Schallwände, Gehäuse und Trichter aus räumlichen Gründen nicht so groß gemacht werden können, daß eine verlustarme Abstrahlung der Bässe sichergestellt wird. Hierzu gesellt sich noch eine andere physikalische Tatsache. Das menschliche Ohr empfindet tiefste und höchste Töne als weniger laut, wenn sie mit geringen Schalldrücken einfallen. Bewußt oder unbewußt hat jeder Verstärker-Praktiker schon mit diesem akustischem Phänomen Bekanntschaft gemacht.

Stellt man einen Großlautsprecher auf saalfüllende Lautstärke ein und beobachtet dabei Orchestermusik, dann ist der Klangeindruck durchaus befriedigend, vorausgesetzt, daß die verwendeten Geräte einwandfrei sind. Wenn man nun die Lautstärke immer mehr zurückregelt, dann scheint es dem Ohr, als ob zunächst die Bässe und weniger ausgeprägt auch die Höhen im Vergleich zur Mittellage stärker gedämpft würden. Geht man bis auf Zimmerlautstärke zurück, dann erscheint eine Musikübertragung ausgesprochen dünn und fad zu klingen. Um trotzdem bei mäßigen Lautstärken einen ästhetischen Klangeindruck zu bekommen, muß der Baßtonbereich angehoben werden, und zwar umso stärker, je geringer die eingestellte Gesamtlautstärke ist. Der Grad der erforderlichen Anhebung hängt nun aber nicht nur von der gerade eingestellten Gesamtlautstärke ab, sondern auch von der Güte des verwendeten Lautsprechers, von der Art der musikalischen Darbietung, der Akustik des Wiedergaberaumes und nicht zuletzt vom persönlichen Geschmack. *Wünschenswert* ist eine Baßanhebung immer, wenn nicht gerade mit sehr hochwertigen Breitbandlautsprechern und großen Schalldrücken gearbeitet wird, und unbedingt *erforderlich* ist sie, wenn mit geringen Schalldrücken übertragen wird. Bei der Beschallung eines Raumes mit *einem* Großlautsprecher und großem Schalldruck kommt man notfalls ohne Baßanhebung aus. Deshalb waren auch ältere Kraftverstärker nicht besonders für Zwecke der hochwertigen Musikübertragung eingerichtet. Es wurde schon bei der Konstruktion stillschweigend vorausgesetzt, daß in der Praxis immer mit großen Schalldrücken gearbeitet werden würde. Die Verhältnisse ändern sich aber sofort, wenn von *einem* Verstärker aus mehrere kleinere Räume beschallt werden sollen. Dann müssen diese Dinge berücksichtigt werden. Wie wir später noch sehen werden, sind neuzeitliche Kraftverstärker auch mit regelbaren Baßanhebungen ausgestattet, um auch bei der Schallverteilung auf mehrere kleinere Räume richtige akustische Verhältnisse herstellen zu können.

Wie weit man in der Anhebung der Grenzfrequenzen geht, ist eine Frage des Aufwandes. Jedenfalls ist ein Anheben im

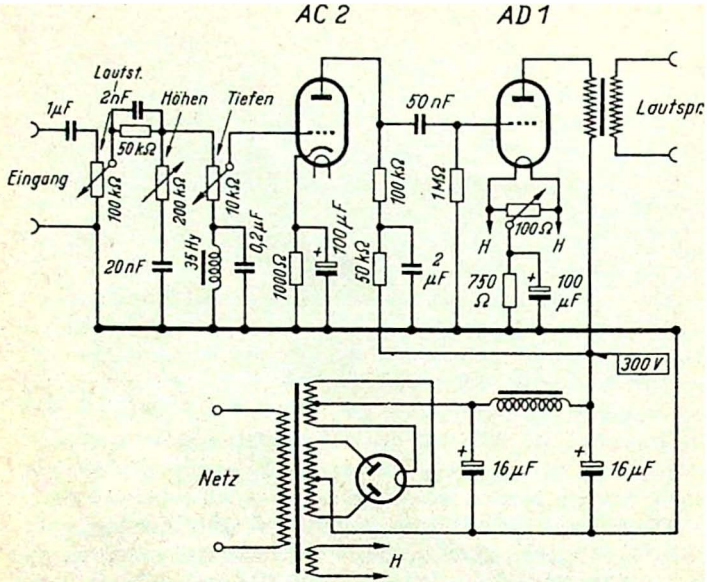



*Bild 14. Lautsprecherverstärker mit Tiefen- und Höhenanhebung*

Verhältnis von 1 : 10 bei den Bässen und 1 : 3 bei den Höhen kein Luxus. Der in **Bild 14** gezeigte Lautsprecherverstärker hat ähnliche Daten. Die Baßanhebung wird durch einen Resonanzkreis mit 35 Hy und 0,2 µF erzielt und durch einen Regler von 10 kΩ geregelt. Für die Höhenanhebung sorgt ein kapazitiv überbrückter Längswiderstand. Durch eine einfache Tonblende kann die Höhenanhebung unwirksam gemacht oder sogar eine Höhenbeschneidung eingestellt werden.

Die angeführte Schaltung ist natürlich nur *ein* Beispiel. Es sind zahllose Varianten möglich. Die Frequenzkorrektur kann ebensogut durch RC-Glieder und Gegenkopplung erfolgen. Die Schaltung nach Bild 14 hat jedoch den Vorzug, bausicher zu sein und eine weitgehende Regelmöglichkeit zu bieten.

## 9. Schreiberverstärker für die Schallfolienaufnahme

Warum bei der Schallfolienaufnahme die Bässe beschnitten werden, darf hier als bekannt vorausgesetzt werden[1]). In kleinen Tonstudios oder beim Liebhaber wird zur Schallfolienaufnahme zumeist der Wiedergabeverstärker verwendet und während der Aufnahme lediglich ein Schreiberentzerrer eingeschaltet. In größeren Betrieben ist hingegen ein eigener Schreiberverstärker vorhanden, der dann auf den besonderen Verwendungszweck zugeschnitten ist. Die Schaltung eines solchen Verstärkers zeigt **Bild 15.** Um ohne großen

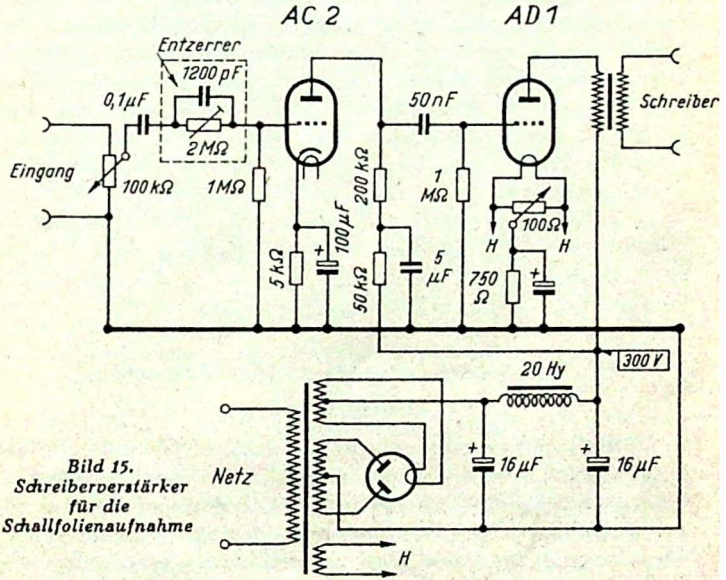



*Bild 15. Schreiberverstärker für die Schallfolienaufnahme*

Aufwand an Schaltmitteln bei geringstem Klirrfaktor und ohne unerwünschte nichtlineare Verzerrungen arbeiten zu können, werden Trioden verwendet, zumal der Stromverbrauch hier eine untergeordnete Rolle spielt. Die Schreiberentzerrung erfolgt durch ein Längsglied im Gitterkreis der

[1]) Siehe Band 7 der RADIO-PRAKTIKER-BÜCHEREI „Neuzeitliche Schallfolienaufnahme"

Vorröhre, das überbrückt werden kann, wenn der Verstärker einmal anderen Zwecken dienen soll. Man kann auch den Widerstand von 2 MΩ regelbar machen und so den Grad der Baßdämpfung je nach den Eigenschaften des verwendeten Schreibers einstellen. Bei richtiger Entzerrung beträgt die am Schreiber liegende Spannung bei 100 Hz 40 % und bei 50 Hz 20 % gegenüber 1000 Hz.

Auch beim Schreiberverstärker ist es so, daß die gewünschte Frequenzkurve noch durch verschiedene andere Schaltmaßnahmen erzielt werden kann und auch in praktisch ausgeführten Verstärkern erzielt wird. Zum Beispiel ist eine solche Frequenzkurve durch Unteranpassung des Schreibers in guter Annäherung herstellbar. Unter Umständen genügt sogar die Verwendung eines ungeeigneten Ausgangsübertragers. Wird zum Beispiel ein Ausgangsübertrager verwendet, der eine zu kleine Leerlaufimpedanz hat, dann stellt sich die gewünschte Tiefenbeschneidung mit mehr oder minder guter Annäherung von selbst ein. Ein ähnlicher Effekt tritt ein, wenn die Katodenwiderstände mit zu kleinen Kondensatoren überbrückt sind. Natürlich ist eine Schaltung nach Bild 15 schon deshalb vorzuziehen, weil man dann die gewünschte Entzerrerkurve sehr genau einstellen kann.

## 10. Aufsprechverstärker für Magnetton-Aufnahmen

Bei Aufsprechverstärkern für Magnetton ist es erforderlich, daß zwischen 4000 und 10000 Hz ein steiler Anstieg der Frequenzkurve erfolgt und daß 10000 Hz gegenüber 1000 Hz auf das Dreifache angehoben werden. Am einfachsten erfolgt diese Anhebung durch eine Gegenkopplungsschaltung, wie sie in dem Aufsprechverstärker nach **Bild 16** vorgesehen ist. In dem Gegenkopplungskreis zwischen Anode und Gitter der EF 12 ist ein Ableitkondensator von 200 pF vorgesehen, der die Gegenkopplung für Frequenzen oberhalb 4000 Hz praktisch unwirksam macht. Dadurch werden diese mehr verstärkt als der übrige Bereich. Natürlich sind zur Erzielung eines solchen Frequenzverlaufes auch hier wieder viele Mög-

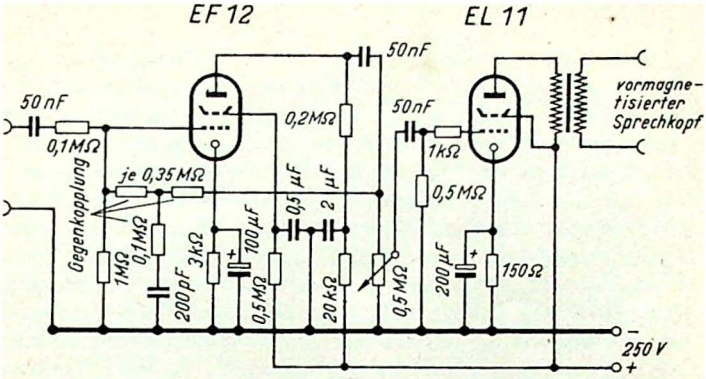



*Bild 16. Magnetband-Aufsprechverstärker*

lichkeiten offen. Das angeführte Schaltbeispiel ist auch hier wieder nur eines aus der Fülle der Möglichkeiten. Zu erwähnen sei noch, daß solch ein Aufsprechverstärker sowohl für Nf- als auch für Hf-Magnetofone verwendbar ist. Je nachdem, ob das Hf- oder Nf-Verfahren verwendet wird, koppelt man auf der Sekundärseite des Ausgangsübertragers entweder die vom Hf-Generator kommende Hochfrequenz oder eine gut gesiebte und genau dosierte Gleichspannung ein.

## 11. Mischpultverstärker

Um während einer Übertragung oder einer Tonaufnahme stufenlos von einer Tonfrequenzquelle auf die andere übergehen zu können oder um sogar mehrere Darbietungen miteinander mischen zu können, bedient man sich sogenannter Mischeinrichtungen. Erst durch diese ist es möglich, künstlerische Effekte, ähnlich dem Überblenden beim Film, zu erzielen.

Reine Mischpulte, also Mischeinrichtungen ohne Verstärker, verwenden heute fast nur noch Funk und Film. In der allgemeinen Verstärkerpraxis werden die Mischeinrichtungen mit Verstärkern zusammengebaut; man gewinnt dadurch die

sogenannten Mischpultverstärker. Es gibt verschiedene Mischmethoden, zum Beispiel in der kommerziellen Technik unter Verwendung besonderer T-Regler. Uns interessiert hier lediglich die Mischtechnik, wie sie in den heutigen Mischpultverstärkern angewendet wird. Ein solcher Verstärker ist das Gegenstück zum Trennverstärker. Auch er trennt verschiedene Tonfrequenzkanäle, aber nach der Eingangsseite zu. Man schaltet die verschiedenen Eingangskanäle über zugehörige Regler auf die Gitter getrennter Verstärkerröhren, deren Anoden dann zusammengeschaltet sind. Es erfolgt also an den Anoden die Mischung der Darbietungen. Die einzeln hereingeführten Kanäle sind durch die zugeordneten Röhren voneinander entkoppelt, so daß die Mischung erfolgt, ohne daß dadurch eine Rückwirkung auf die einzelnen Tonfrequenzquellen stattfinden kann.

Ein vom Verfasser entwickelter Mischpultverstärker MPV 9/3 d ist in Bild 17 bis 19 gezeigt. Es sind fünf Mischregler vorgesehen, so daß fünf Darbietungen miteinander gemischt werden können. Vier dieser Regler beziehen ihre Tonfrequenz von je einem Eingangsübertrager. Primärseitig ist jedem Eingangsübertrager noch ein Umschalter zugeordnet, so daß wahlweise auf zwei verschiedene Eingangsleitungen umgeschaltet werden kann. Dadurch können immer acht verschiedene Eingangsspannungsquellen fest mit dem Mischpultverstärker verbunden bleiben. Als neunte Eingangsspannungsquelle kann ein Rundfunkvorsatz angeschlossen werden, der auf den fünften Eingangsregler arbeitet.

Die Eingänge I (I a) bis III (III a) sind für niederohmige Mikrofone oder Tonabnehmer bestimmt. Die Übertrager haben deshalb ein Übersetzungsverhältnis von etwa 1:10. Eingang IV (IV a) ist für den Anschluß an eine Kabelleitung eingerichtet und mit einem Übertrager 1:1 versehen. Durch Kurzschlußbügel können nach Wunsch die Mitten der Übertrager geerdet werden. Von jedem dieser ersten vier Mischregler führt eine besondere Leitung auf das Gitter eines Triodensystems. Deren Anoden sind dann zusammengeschaltet. Aus Gründen der Vereinfachung wurden zwei Doppeltrioden EDD 11 verwendet. Auf das Doppeltrioden-

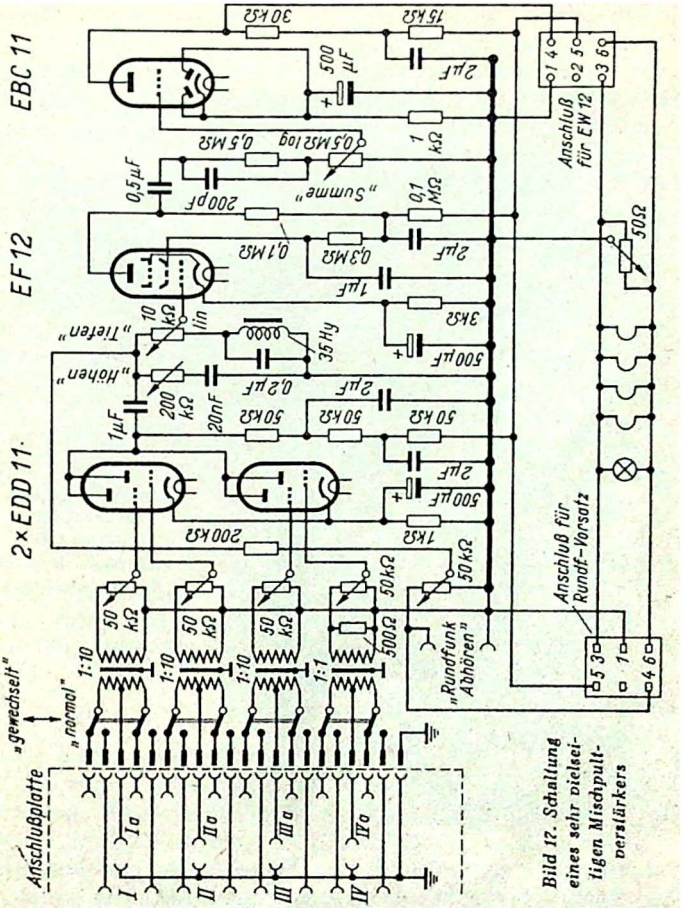



Bild 17. Schaltung eines sehr vielseitigen Mischpultverstärkers

paar folgt eine EF 12, die als Entzerrerverstärker geschaltet ist. In ihrem Gitterkreis wird durch einen Resonanzkreis und einen Tiefenregler die Baßanhebung geregelt und durch eine Tonblende der Grad der Höhenanhebung. Die Höhenanhebung selbst erfolgt durch ein Glied im Gitterkreis der

dritten Röhre, in dem auch der Gesamtlautstärkeregler (Summenregler) angeordnet ist.

Die vom Rundfunkvorsatz kommende Tonfrequenz ist über einen Entkopplungs- und Dämpfungswiderstand in den Git-

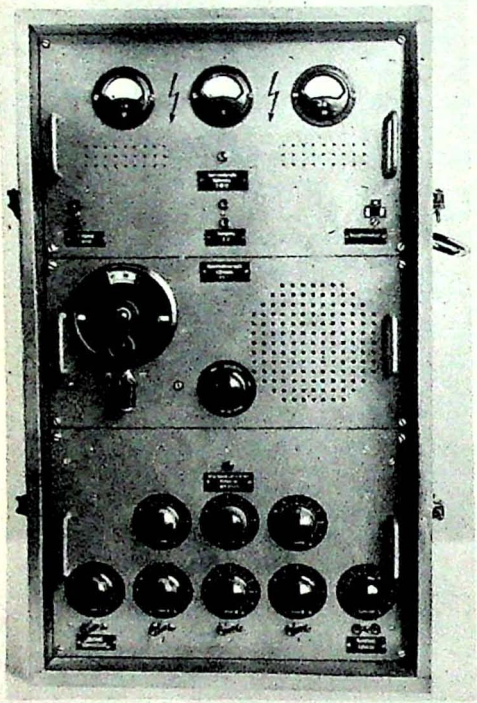


*Bild 18. Frontansicht des MPV 9/3 d (unteres Feld), eingebaut in einen Verstärkerschrank*

terkreis der zweiten Stufe eingekoppelt. Um am Ausgang eine Spannung von 30 Volt zu erzielen, sind an den Kanälen I bis III 1 mV Eingangsspannung erforderlich, am Eingang IV dagegen 10 mV. Der Rundfunkkanal benötigt eine Eingangsspannung von 800 mV. Alle diese Angaben beziehen sich auf voll geöffnete Regler, Einstellung des Frequenzganges auf „geradlinig" und eine Meßfrequenz von 1000 Hz. Die Spannungsabgabe dieses Mischpultverstärkers ist ausreichend zur

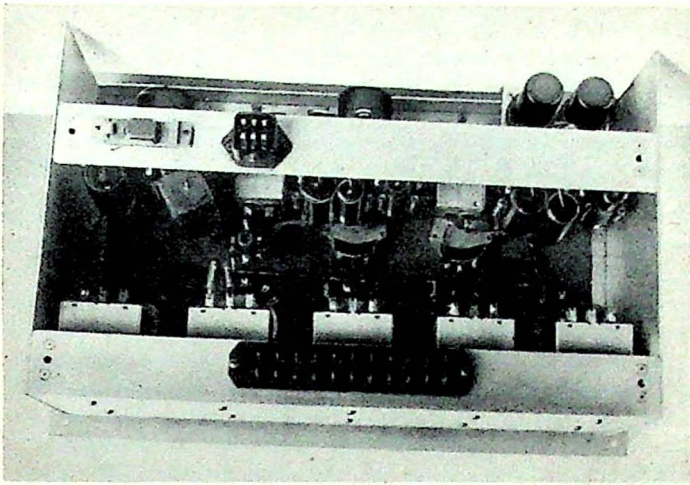


*Bild 19. Innenansicht des MPV 9/3 d*

Aussteuerung von Endstufen bis ca. 25 Watt Sprechleistung. Zum Beispiel lassen sich eine AD 1 oder 2 × AD 1 oder 2 × EL 12 oder dgl. damit bequem aussteuern.

## 12. Universalverstärker

Die bisher besprochenen Verstärker sind, mit Ausnahme des Mischpultverstärkers, als reine Spezialverstärker anzusprechen. Wo sie unbedingt benötigt werden — zum Beispiel der Fotozellenverstärker im Lichtspielhaus —, macht sich ihre Anschaffung von selbst bezahlt. Überall jedoch wo sie nur *gelegentlich* Verwendung finden, zum Beispiel bei einer Firma, die sich mit dem Verleih von Übertragungsanlagen befaßt, wird ihre Beschaffung gern aus Preisgründen umgangen. Man versucht dann mit mehr oder minder geeigneten Behelfen auszukommen. Das ist natürlich kein Idealzustand, und die Industrie hat daher versucht, diesem Übelstand abzuhelfen. Es wurden, ausgehend von den üblichen „Kraftverstärkern",

neue Verstärker entwickelt, die heute eine Vielseitigkeit erreicht haben, die auch für das Ausland vorbildlich ist.

Eine Zwischenstufe im Zuge dieser Entwicklung stellte vor etwa 10 Jahren eine Reihe von Verstärkern eines süddeutschen Werkes dar, die unter der Bezeichnung „Vollverstärker" propagiert wurden. Hier waren die verschiedenen Eingänge zu einem Eingangsumschalter geführt und jeder Eingang mit einem eigenen Anschlußglied versehen (**Bild 20**).

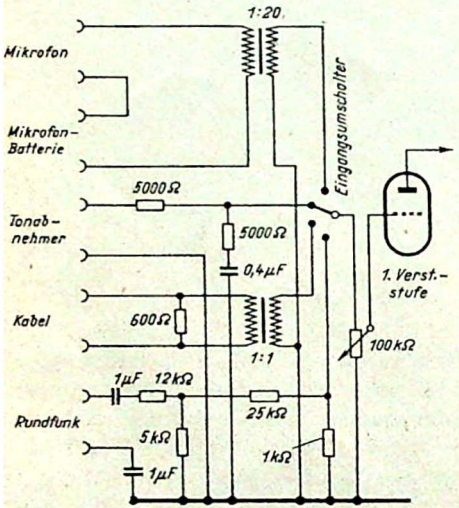



*Bild 20. Eingangsumschaltung eines „Vollverstärkers"*

Zum Beispiel war für den Mikrofoneingang bereits ein Eingangsübertrager 1:20 zum Anschluß eines Kohlemikrofones vorgesehen, ein weiterer Übertrager 1:1 für den Anschluß einer Fernsprechleitung (Kabelübertragung) und für den Tonabnehmer ein Entzerrer zur Tiefenanhebung. Für den Rundfunkempfang endlich war ein richtig bemessenes Dämpfungsglied eingebaut.

Diese Art der Eingangsumschaltung wird in einfacheren Verstärkern auch heute noch gern angewendet. Bei neuzeitlichen Verstärkern sind sogar Mischeinrichtungen vorgesehen, und die Eingänge für Mikrofone sind so empfindlich gemacht,

daß zum Beispiel Kristallmikrofone ohne weitere Zusätze direkt angeschlossen werden können.

Der Frequenzgang solcher neuzeitlichen Verstärker ist in sehr weiten Grenzen veränderlich. Bässe und Höhen können ganz nach Wunsch angehoben oder gedämpft werden. Man bemüht sich immer mehr, nach Möglichkeit Übertrager zu vermeiden, um dadurch lineare Verzerrungen klein zu halten. Lieber verwendet man an Stelle eines Aufwärtsübertragers ein weiteres Röhrensystem. Zur Steuerung von Gegentaktendstufen geht man immer mehr zur *Phasenumkehrschaltung* mittels einer Röhre über. Die modernen Verbundröhren machen dieses Bestreben nicht nur leichter realisierbar, sie fordern geradezu hierzu auf. Ohne Mehraufwand an Röhrenzahl lassen sich so mit einer Röhre gleichzeitig mehrere Funktionen erfüllen. Doppeltrioden dienen in Trenn- und Mischverstärkern zur ausgangs- oder eingangsseitigen Kanaltrennung. Mischröhren nach Art der ECH 4 werden zur gleichzeitigen Phasenumkehr herangezogen. Wir werden sogar eine Schaltung besprechen, in der das Diodensystem einer EBF 2 zur Gewinnung der Regelspannung für eine Dynamikregelung benutzt wird. In anderen Verstärkern wieder wird das Diodensystem einer Verbundröhre verwendet, um die Gleichspannung zum Betrieb eines Aussteuerungsmessers zu gewinnen. Als Anzeigeinstrument dient dann ein Drehspulsystem, das gleichzeitig durch Umschalter zur Einstellung und Kontrolle der Gegentaktendstufe dient. Die Umschaltung erfolgt mitunter durch Druckknopfsteuerung. Im Diodenvoltmeterkreis liegt meist noch eine Kupferoxydulzelle, die wegen ihres amplitudenabhängigen Widerstandes eine logarithmische Skaleneinteilung ermöglicht. Dadurch läßt sich ein sehr großer Lautstärkeumfang auf der Skala unterbringen.

Man ersieht schon aus diesen wenigen Beispielen, daß die Schaltungstechnik neuzeitlicher Verstärker sehr kompliziert geworden ist. Der Bedienungs- und Schaltungskomfort erinnert sehr an den modernen Spitzensuper. Genau so, wie der Nachbau solcher Spitzensuper nur sehr erfahrenen Fachleuten empfohlen werden kann, ist es auch mit solchen aus-

gereiften und verwickelten Schaltungen neuzeitlicher Universalverstärker. Einige besonders interessante Schaltungen wollen wir nachstehend besprechen und dadurch versuchen, den Praktiker in die neuzeitliche Verstärkertechnik einzuführen.

**a) 25-Watt-Universalverstärker nach Philips**

Eine hochinteressante Schaltung eines Universalverstärkers entnehmen wir dem Band 3 von „Daten und Schaltungen moderner Empfänger- und Kraftverstärkerröhren" der Philips-Bücherreihe über Elektronenröhren. Die Schaltung zeigt **Bild 21.** Es sind vier überblendbare Eingangskanäle vorgesehen, und zwar A für Mikrofon, B für den Ausgang eines Rundfunkempfängers, C für eine Kabelleitung und D für einen Tonabnehmer. Die Eingangsempfindlichkeiten betragen für Mikrofon 0,85 mV, für Rundfunk 1,2 V, für die Kabelleitung 300 mV und für den Tonabnehmer 130 mV. Das Mikrofon arbeitet auf den Gittereingang der Spezialröhre CF 50. Es können Mikrofone mit jedem Innenwiderstand angeschlossen werden, also auch die heute weit verbreiteten Kristallmikrofone. Für Kohlemikrofone ist ein Ankopplungsübertrager zu verwenden, um die Mikrofongleichspannung einkoppeln zu können. Wegen der hohen Empfindlichkeit des Mikrofoneingangs ist das Übersetzungsverhältnis nicht kritisch, man wird jedoch einen der üblichen Mikrofonübertrager mit einer Übersetzung von etwa 1:10 verwenden. Das gleiche gilt für einstufige Kondensatormikrofone sowie niederohmige dynamische Mikrofone. Zweistufige Kondensatormikrofone hingegen können bereits ohne Eingangsübertrager angeschaltet werden, weil sie eine genügend hohe Eingangsspannung liefern.

Die Röhre CF 50 ist rausch- und brummarm. Sie ist eine Spezialröhre mit veränderlicher Steilheit. Deshalb wird die Lautstärke dadurch geregelt, daß man die negative Gittervorspannung variiert. Das ergibt eine besonders störungsfreie Regelung für diese empfindliche Stufe. Es wäre sogar denkbar, den Lautstärkeregler über eine längere Leitung als Fernbedienungsregler anzuschließen.

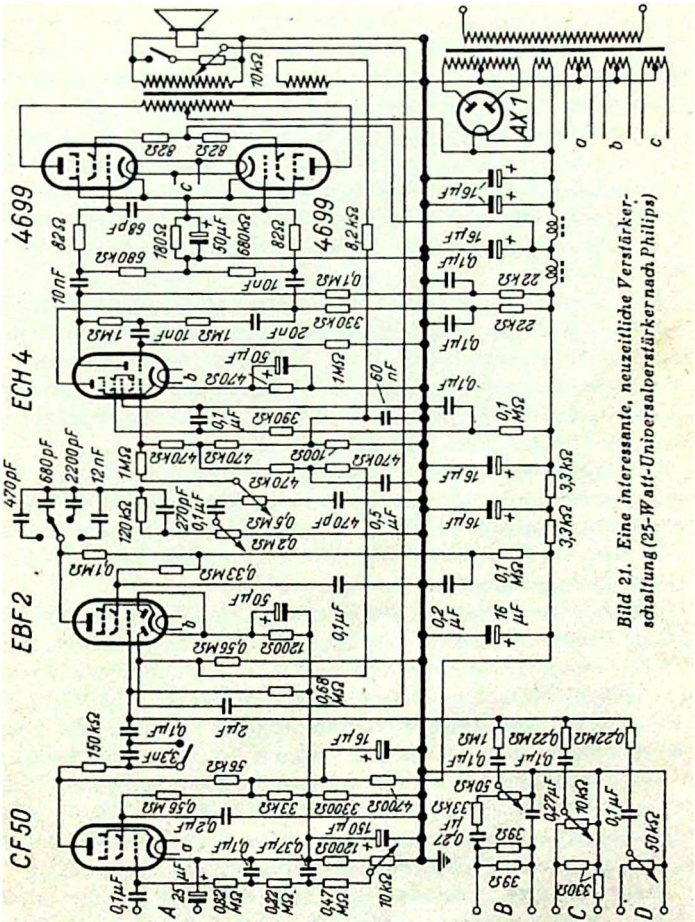



Bild 21. Eine interessante, neuzeitliche Verstärkerschaltung (25-Watt-Universalverstärker nach Philips)

Die Eingangskanäle B bis C sind über entsprechende Entkopplungs- und Dämpfungswiderstände über ihre zugehörigen Mischregler auf das Gitter der zweiten Stufe geschaltet.

Der Eingang B ist zum Anschluß eines Rundfunkempfängers an der Schwingspule des eingebauten Lautsprechers bestimmt. Die meisten Philipsempfänger haben ja den Anschluß für den zweiten Lautsprecher dort abgegriffen. Bei anderen Geräten ist es nicht schwer, an diesen Punkt der Schaltung heranzukommen. Der Eingang B ist ferner durch zwei Kondensatoren gegen Gleichstrom verriegelt. Das ist erforderlich, weil bei manchen Rundfunkgeräten über einen Gegenkopplungskanal die Sekundärseite des Ausgangsübertragers Gleichspannung führt und deren Kurzschluß vermieden werden muß.

Der Eingang C für die Kabelleitung ist vorschriftsmäßig mit zwei Widerständen abgeschlossen, deren Mitte aus Symmetriegründen an Masse liegt. Die Steuerspannung wird durch entsprechend bemessene Entkopplungsglieder einem dieser beiden Widerstände entnommen. — Der Tonabnehmereingang D weist keine Besonderheiten auf.

Bemerkenswert ist bei allen Eingängen, daß der Konstrukteur bemüht war, alle sonst erforderlichen Übertrager aus Qualitäts- und Preisgründen zu umgehen. Nicht zuletzt wird dadurch auch die Gefahr von Brummeinstreuungen aus dem Netzteil klein gehalten.

Zwischen den Ausgang der CF 50 und das Gitter der EBF 2 ist noch ein Tonfilter eingefügt, das zur Beschneidung der Tiefen bei Mikrofonwiedergabe dient. Dieses Filter wirkt nur auf die Mikrofonwiedergabe. Manchmal ist solch ein Filter nützlich, weil durch eine Dämpfung der Bässe, zum Beispiel bei der Übertragung aus halligen Räumen, die Sprachverständlichkeit gewinnt. Dieses Filter kann übrigens nach Belieben durch einen Schalter überbrückt werden, so daß dann eine ungeschwächte Übertragung der vom Mikrofon aufgenommenen Tiefen gewährleistet ist.

Zwei weitere Entzerrer sind zwischen der zweiten und dritten Stufe eingefügt. Die Ankopplung der dritten Stufe erfolgt über verschieden große Gitterkondensatoren, so daß man es in der Hand hat, die tiefen Töne in gewissen Grenzen abzuschwächen. Umgekehrt ist das gleiche bei den hohen Tönen möglich, indem am Gitter der dritten Stufe ein ver-

änderlicher Tonregler angebracht ist. Das ist ein Potentiometer in Serienschaltung mit einem Kondensator. Es wird aber nicht die normale Tonblendenschaltung verwendet, sondern eine Schaltung, die sehr derjenigen des Tiefenresonanzkreises des Mischpultverstärkers nach Bild 17 ähnelt. Die von den Vorröhren gelieferten Spannungen fallen nämlich an der Serienschaltung des Reglers und des Kondensators ab. Dabei stellt der Kondensator einen frequenzabhängigen Widerstand dar, an dem die Höhen nur einen sehr geringen und die Tiefen einen hohen Spannungsabfall verursachen. Je weiter man daher den Schleifer dieses Potentiometers nach dem unteren Ende bringt, um so stärker ist der Anteil an Bässen, der dem Gitter der ECH 4 zugeführt wird. Um den Eindruck zu verstärken, daß es sich um eine Baßanhebung und nicht um eine Höhenabschneidung handelt, ist der Längswiderstand zwischen dem vorhin beschriebenem umschaltbarem Kondensatorfilter und dem Lautstärkeregler (Summenregler) mit einem kleinem Kondensator überbrückt. Hierdurch entsteht eine Anhebung der Höhen im oberen Bereich. Das ist erforderlich, um die Gesamtfrequenzkurve bei Baßanhebung am oberen Ende einigermaßen abzuflachen. Tatsächlich ist es dem Konstrukteur durch sorgsame Wahl der entsprechenden Kondensatoren und Widerstände gelungen, einen Frequenzgang zu erzielen, der sonst nur durch Verwendung von Drosselkreisen möglich wäre.

Die Röhre ECH 4 dient mit ihrem Heptodenteil als Steuerstufe für die untere Gegentaktendröhre. Die um 180° phasenverschobene Steuerspannung für die obere Gegentaktendröhre wird vom Triodenteil der Verbundröhre ECH 4 geliefert. Die Steuerspannung für diese als Phasenumkehrstufe arbeitende Triode wird an der Anode des Heptodenteils abgegriffen. Da das Triodensystem *nur* die Phase *drehen* soll, aber nicht verstärken darf, ist es so stark gegengekoppelt, daß die Verstärkungsziffer 1 erreicht wird.

An einer Hilfswicklung des Ausgangsübertragers wird eine Gegenkopplungsspannung gewonnen, die in den Gitterkreis der ECH 4 eingeführt wird und den Frequenzgang des Verstärkers verbessert. Diese Hilfswicklung auf dem Aus-

gangsübertrager hat 1/10 der Windungszahl der gesamten Anodenkreiswicklung.

Ganz besonders angenehm ist das Vorhandensein einer Dynamikkompression. Bei Übertragungen können nämlich besonders dann, wenn der Verstärker sehr weit ausgesteuert

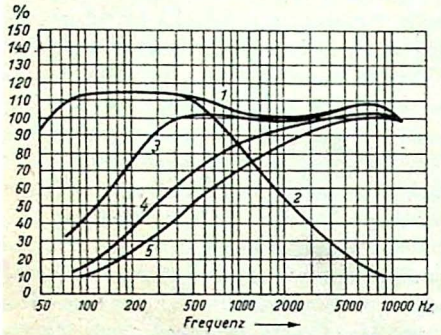



*Bild 22. Frequenzkurven des Verstärkers nach Bild 21*

wird, infolge plötzlicher Lautstärkespitzen Schäden durch Überlastung eintreten, oder zumindest kann die Übertragung durch starke Verzerrungen beeinträchtigt werden. Deshalb entnimmt man den Ausgangsklemmen des Verstärkers über ein abschaltbares Potentiometer eine Steuerspannung, die von einer Diode der EBF 2 gleichgerichtet wird. Mit dieser gleichgerichteten Spannung regelt man dann die Verstärkung der ECH 4. Bei voller Aussteuerung kann die Eingangspannung etwa viermal so groß werden, ohne daß nennenswerte Verzerrungen eintreten. Die Dynamikkompression ist so bemessen, daß sie erst zu arbeiten beginnt, wenn eine Ausgangsleistung von 5 Watt überschritten wird. Es ist einleuchtend, daß diese Schaltungsverfeinerung die Überwachung und Bedienung der Anlage sehr stark vereinfacht.

Die beschriebene Verstärkerschaltung ist ein Schulbeispiel dafür, welche schaltungstechnischen Feinheiten im modernen Verstärkerbau angewendet werden. Ebenso ist daraus ersichtlich, wie stark man bemüht ist, frequenzbeeinflussende Übertrager zu vermeiden.

In **Bild 22** sind einige der verschiedenen Frequenzkurven gezeigt, die mit diesem Verstärker erzielbar sind.

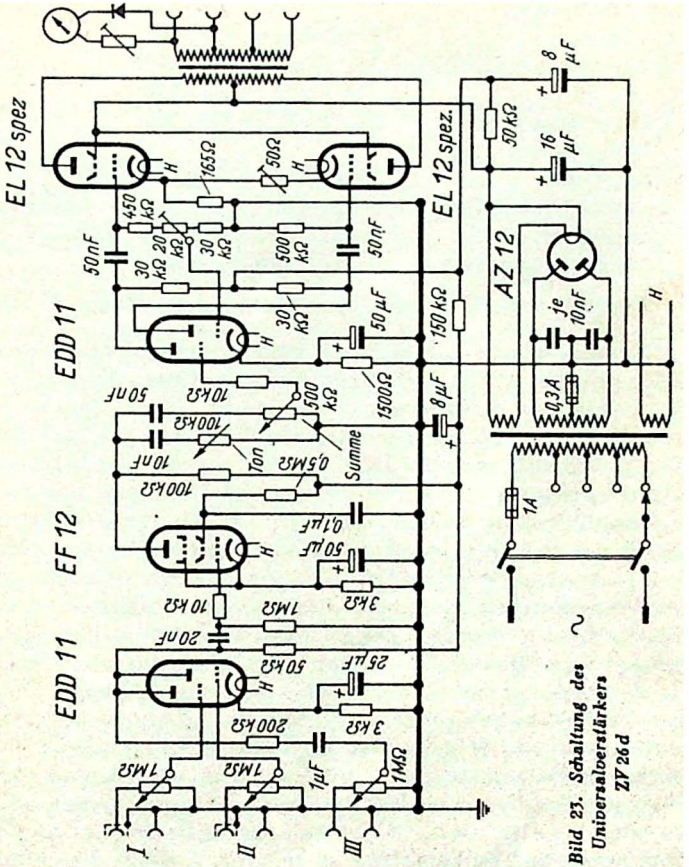



Bild 23. Schaltung des Universalverstärkers ZV 26 d

**b) Der selbstgebaute Universalverstärker ZV 26 d**

Der Universalverstärker ZV 26 d wurde vom Verfasser entwickelt, wobei besonderes Augenmerk darauf gerichtet wurde, daß sich dieses Gerät ohne größere Schwierigkeiten nachbauen läßt. Die Eigenschaften des Gerätes sind die folgenden:

| | |
|---|---|
| Sprechleistung: | ca. 25 Watt |
| Eingang: | 3 mischbare Kanäle |
| Eingangsempfindlichkeit: | 2 × 35 mV, an 1 MΩ  1 × 1,5 V an 1 MΩ |
| Frequenzumfang: | 50...10 000 Hz ± 0,2 Np |
| Summenregler | |
| Klangregler: | Dämpfung bei 10 000 Hz = 2,5 Np |
| Phasenumkehrröhre: | nachregelbar bei Röhrenalterung |
| Gegentaktendstufe: | Feinabgleich auf Arbeitspunkt |
| Aussteuerungsmesser: | 15 Volt Meßbereich |

Röhren: 2 × EDD 11, EF 12, 2 × EL 12 spez., AZ 12.

Die Schaltung ist in **Bild 23** wiedergegeben. Auf den ersten Blick fällt die große Einfachheit auf, die diesen Verstärker besonders zum Selbstbau geeignet macht. Die Gegentaktschaltung erlaubt den Verzicht auf eine Netzdrossel, zumal der Ladekondensator mit 16 µF gewählt wurde. Die negative Gittervorspannung der Endröhren wird an einem gemeinsamen Katodenwiderstand erzeugt. Da die unerwünschte Stromgegenkopplung an diesem Widerstand von beiden Röhren gegenphasig auftritt, löscht sie sich aus und es kann zur Schaltungsvereinfachung auf einen Überbrückungskondensator verzichtet werden. Die im Schaltbild untere Endröhre ist mit ihrer Katode über einen Regelwiderstand von 50 Ω an den gemeinsamen Katodenwiderstand angeschlossen. Dieser Widerstand erlaubt es, beide Röhren auf genau gleichen Arbeitspunkt zu bringen. Der Abgleich ist sehr einfach: Bei zugedrehtem Summenregler wird zwischen den beiden Anoden der Endröhren ein Milliamperemeter eingeschaltet, und es wird versucht, durch Nachregeln des 50-Ω-Reglers dieses Instrument auf Nullausschlag zu bringen. Gelingt dies nicht vollkommen, dann sind die beiden Röhren EL 12 spez. gegeneinander zu vertauschen. Beide Röhren arbeiten im gleichen Arbeitspunkt, wenn zwischen den beiden Anoden der EL 12 spez. kein Strom mehr fließt. Es handelt sich also um den Abgleich in einer Brückenschaltung. Diese genaue Justierung des Arbeitspunktes trägt sehr zum brummfreien Arbeiten des Verstärkers bei.

Die beiden Endröhren werden durch eine Doppeltriode EDD 11 gesteuert. Das Triodensystem, das die Steuerspannung für die obere Endröhre liefert, wird seinerseits vom Summenregler des Verstärkers gesteuert. Das zweite System, das die untere Endröhre steuert, bekommt seine Steuerspannung vom Gitterwiderstand der oberen Endröhre. Diese Steuerspannung wird nun durch die Röhre um 180° in der Phase gedreht. Nun darf aber die Phasenumkehrröhre nicht verstärken. Deshalb muß ihr eine Steuerspannung zugeführt werden, die gegenüber der Steuerspannung der oberen Endröhre um so viel kleiner ist, als die natürliche Verstärkung der Umkehrröhre beträgt. Die Umkehrröhre verstärkt in dieser Schaltung etwa 12fach. Deshalb wird am Gitterwiderstand der oberen Endröhre etwa $^1/_{12}$ der Gitterwechselspannung abgegriffen. Das wäre durch Einbau eines Festspannungsteilers von etwa 450 kΩ / 40 kΩ möglich. Um jedoch auch bei Röhrenalterung und bei den unvermeidlichen Fabrikationsstreuungen der Röhren auf genau gleiche Steuerspannung an den Endröhrengittern abgleichen zu können, wurde noch ein 20-kΩ-Potentiometer vorgesehen, durch welches der Teilbetrag der am oberen Endstufengitter abgegriffenen Steuerspannung etwa zwischen 1/10 und 1/17 geregelt werden kann. Dieser Regler wird bei Inbetriebnahme einmal eingestellt und von Zeit zu Zeit nachkontrolliert. Selbst bei ungenauer Einstellung kann nicht viel passieren. Die Wiedergabe wird nur bei voller Aussteuerung eher zu Verzerrungen neigen. Die richtige Einstellung ist aber nicht schwer, wenn ein Röhrenvolmeter zur Verfügung steht. Man gibt zu diesem Zweck auf den Verstärkereingang einen Dauerton und regelt den Phasenregler so ein, daß an den beiden Endstufengittern gleiche Steuerspannungen stehen.

Der Summenregler bestimmt die Gesamtlautstärke des im Eingang gemischten Programmes. Parallel zu ihm liegt der Tonregler. Aus Gründen der Vereinfachung wurde keine Baßanhebung, sondern eine Höhenbeschneidung vorgesehen. Unter Verwendung handelsüblicher Lautsprecher läßt sich aber auch in dieser vereinfachten Art eine durchaus befrie-

digende Wiedergabe auch bei geringen Lautstärken einstellen.

Die zweite Stufe des Verstärkers, die EF 12, liefert den Hauptanteil der hohen Spannungsverstärkung. Deshalb ist auch ihre Anodenspannung sehr gut gesiebt. Direkt an ihrem Steuergitter sowie auch am Gitter des einen Systems der zweiten EDD 11 ist ein 10-kΩ-Widerstand vorgesehen, der zur Unterdrückung von unerwünschter Hf-Verstärkung dient. Das ist aus Stabilisationsgründen sehr erwünscht, zum Beispiel bei der Vorschaltung eines Rundfunkgerätes, das noch Hf-Reste an den Verstärker liefert, oder bei Verwendung des Verstärkers als Modulator für einen Amateursender.

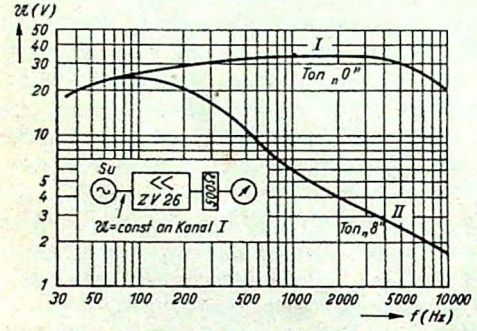



*Bild 24. Frequenzkurve des ZV 26 d*

Die erste Stufe ist ebenfalls eine Doppeltriode EDD 11. Ihre beiden Anoden sind zusammengeschaltet. Hier erfolgt die Mischung der drei Eingangskanäle. Deshalb ist auch die vom Regler des Kanals III kommende Steuerspannung über einen Kondensator und einen Widerstand hier eingekoppelt.

Die beiden empfindlichen Kanäle I und II sind zum Anschluß von Mikrofonen (z. B. Kristallmikrofon) oder Tonabnehmern bestimmt. Beim Tonabnehmeranschluß ist ihre Empfindlichkeit so hoch, daß noch ein Entzerrer vorgeschaltet werden kann[1]). Der Kanal III ist für den Anschluß an die Schwingspule eines vorgeschalteten Rundfunkempfängers be-

[1]) Siehe Kapitel „Entzerrung" in Band 7 der RADIO-PRAKTIKER-BÜCHEREI.

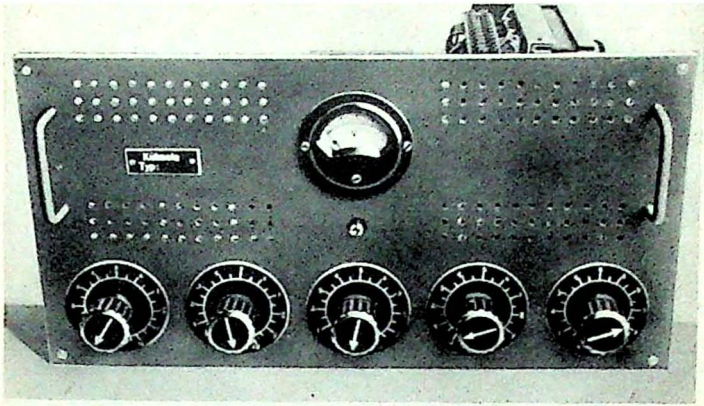


*Bild 25. Der gediegene, stabile Aufbau des ZV 26 d ist hier deutlich zu erkennen*

stimmt. Bei Zwischenschaltung eines Übertragers 1:1 gestattet er auch die Anschaltung von Kabelleitungen.

Bei sorgfältigem Aufbau und normalen Ansprüchen bleibt das durch die Wechselstromheizung verursachte Restbrummen der ersten Stufe in völlig tragbaren Grenzen, obwohl die EDD 11 eigentlich nicht als Anfangsstufenröhre gedacht ist. Eine völlige Entbrummung ist aber möglich, wenn man die Röhre mit Gleichstrom heizt. Zu diesem Zweck wird auf den Netztransformator eine 8V-Wicklung aufgebracht. Diese 8 Volt werden mit einem Graetzgleichrichter mit etwa 30 mm Scheibendurchmesser gleichgerichtet. Der Heizfaden der Röhre wird mit einem Elektrolytkondensator von 500 µF/8 V überbrückt. Bei Verwendung der genannten Teile stellt sich dann im Betrieb die Gleichspannung am Heizfaden auf etwa 6,3 V ein. Ein Ende des Heizfadens ist an Masse zu legen.

Die **Bilder 25** und **26** zeigen den stabilen Aufbau des ZV 26 d, der für Gestelleinbau bestimmt ist. Natürlich ist es möglich, auch eine Abdeckhaube vorzusehen und den Verstärker dadurch transportabel zu machen. Auch der Einbau in eine Transportkiste ist empfehlenswert.

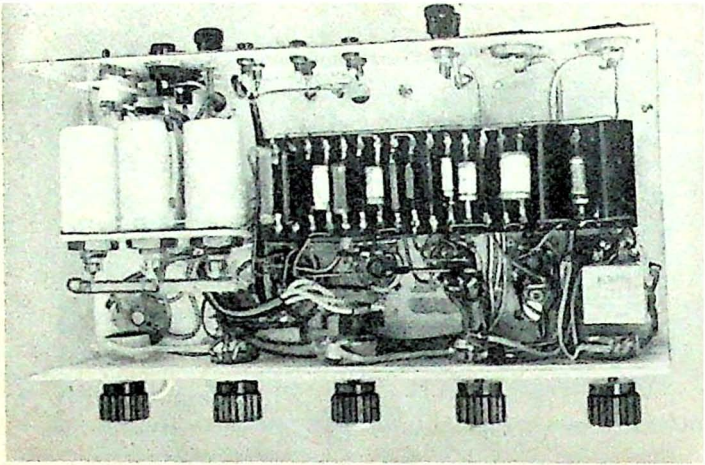


*Bild 26. Die Chassisunteransicht zeigt den einfachen und klaren Aufbau des ZV 26 d*

Alle Verstärker mit hoher Verstärkung sind sehr empfindlich gegen unerwünschte Verkopplungen, die meist dadurch entstehen, daß die nach Masse führenden Leitungen wahllos an das Gestell herangeführt sind. Besonders bei selbstgebauten Verstärkern ergeben sich dann Störungen, die mit den Mitteln, die dem Praktiker zur Verfügung stehen, kaum einzugrenzen sind. Deshalb sollten grundsätzlich alle nach Masse führenden Leitungen *isoliert* verlegt und nur an einem *einzigen* Punkt mit dem Gestell verbunden werden. Zum Beispiel müssen alle Elektrolytkondensatoren isoliert eingebaut werden, ebenso abgeschirmte Steckanschlüsse, die Achsen von Entbrumm-Potentiometern und dergleichen. Das ist mechanisch recht mühselig, aber das sicherste Verfahren. Einfacher ist es, wenn alle nach Masse führenden Leitungen in der *richtigen* (!!) Reihenfolge an eine isoliert verlegte Nullschiene herangeführt werden. Dieses Verfahren erfordert aber wieder sehr viel Erfahrung. Beim ZV 26 wurden beide Möglichkeiten kombiniert. Nach Bild 27 wurden die meisten Konden-

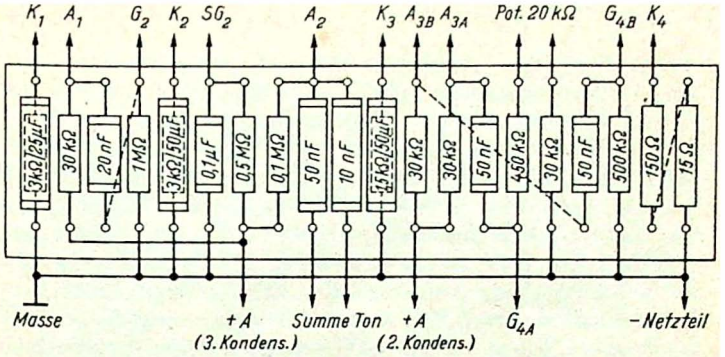



*Bild 27. Die Verdrahtung der Hartpapierleiste des ZV 26 d, welche die meisten Kondensatoren und Widerstände trägt*

satoren und Widerstände auf einer Hartpapierleiste vorverdrahtet und an die Nullschiene (unterste waagerechte Leitung) angeschlossen. Das Ende der Nullschiene, welches am Katodenwiderstand der ersten Röhre liegt, wird an das Gestell gelegt, und zwar an dem Punkt, an dem die Abschirmbuchse des Kanal I mit dem Gestell Verbindung hat. An das andere Ende der Nullschiene führen alle vom Netzteil isoliert ankommenden Nulleitungen.

Die abgeschirmten Leitungen im Verstärker, also alle Gitter- und Anodenleitungen der ersten und zweiten Stufe, sind ebenfalls sehr sorgsam zu verlegen. Die Abschirmung muß tatsächlich lückenlos bis zu jedem Schaltungspunkt führen. Es ist zweckmäßig, ein Abschirmkabel zu verwenden, das nochmals isoliert ist. Die Abschirmung selbst darf dann an jeweils *einer* (!!) beliebigen Stelle direkt ans Chassis gelegt werden, sie darf aber nie als Rückleitung Verwendung finden. Zum Beispiel müssen die Nulleitungen der Eingangsregler als isolierte Drähte verlegt werden, die an den Punkt an der Widerstands-Hartpapierplatte herangeführt werden, an dem der Katodenwiderstand der ersten Stufe angelötet ist. Wenn man diese Gesichtspunkte peinlich genau beachtet, ist der ZV 26 d ein leicht und mit Erfolg nachzubauender ausgezeichneter Universalverstärker.

### c) Lorenz-75-Watt-Verstärker

Interessant und wohldurchdacht ist die Schaltung des Lorenz-Kraftverstärkers (**Bild 28**). Dieser Verstärker ist mit zwei umschaltbaren Eingängen versehen. Der Eingang I erlaubt den Anschluß von zwei Tonfilmvorführmaschinen (Fotozellen) und der Eingang II den Anschluß von Plattenspielern, Mikrofonen oder Überblendeinrichtungen. Der Fotozelleneingang arbeitet auf eine besondere Vorröhre. Zur Gewinnung von deren Anodenspannung und der Vorspannungen der Fotozellen sind äußerst sorgfältige Siebmaßnahmen getroffen worden. Die Heizung dieser und der zweiten Röhre erfolgt im Interesse größter Brummfreiheit mit Gleichstrom. Interessant ist nun, daß hierzu der Katodenstrom der Endröhren ausgenutzt wird. Zusammen mit zwei weiteren Widerständen und einer Relaiswicklung bilden diese Röhrenheizfäden den Katodenwiderstand der Endstufen. Das erwähnte Relais schützt die Elektrolytkondensatoren vor zu hohem Anlaufstrom. Es schaltet nämlich dann einen Belastungswiderstand von den Kondensatoren ab, wenn die indirekt geheizte Endstufe den normalen Anodenstrom aufnimmt. Dieser Betriebszustand wird über eine gleichfalls relaisgesteuerte Kontrollampe angezeigt. Die gegen Einstreuung sehr empfindlichen ersten beiden Stufen sind zusammen mit dem Lautstärkeregler gekapselt eingebaut. Die dritte Röhre, gleich den beiden ersten eine RV 12 P 2000, ist im Interesse großer Verzerrungsfreiheit als Triode geschaltet und steuert über einen Gegentakt-Eingangsübertrager die beiden Endröhren RL 12 P 35 in der Endstufe. Die Primärseite des Ausgangsübertragers ist mit einer Funkenstrecke überbrückt, um bei versehentlichem Leerlauf den Ausgangsübertrager zu schützen.

Im Interesse eines stabilen Arbeitens ist sehr große Sorgfalt auf richtige Masseverbindung der nach „Null" führenden Leitungen aufgewandt worden. Das ist eine sehr wichtige Maßnahme bei allen Verstärkern mit hoher Verstärkungsziffer. Alle nach Null führenden Leitungen sind isoliert an einen Zentralerdungspunkt herangeführt.

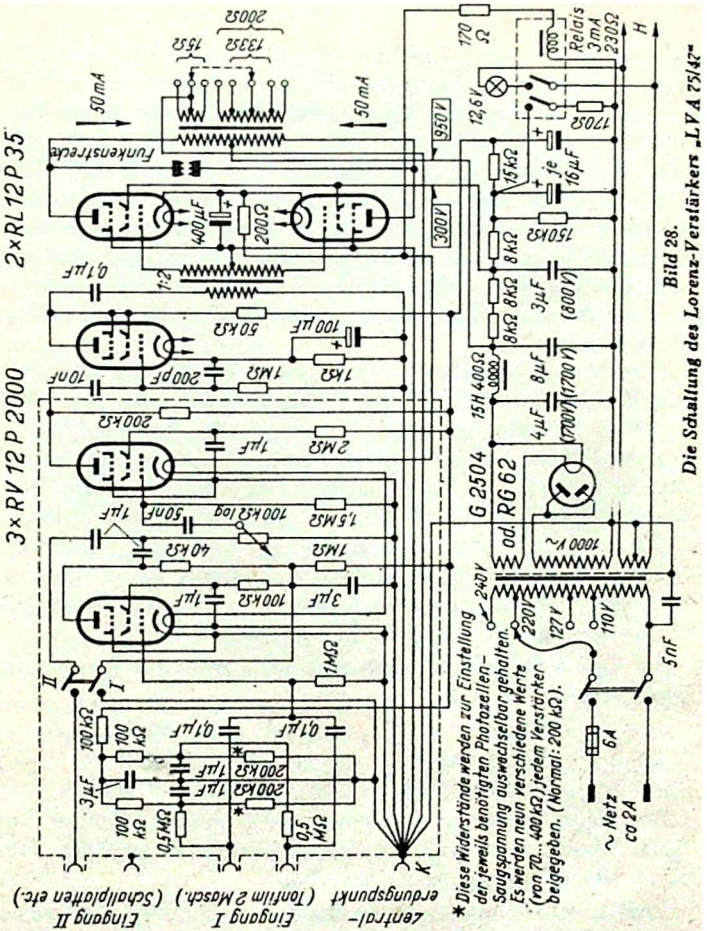



Bild 28.
Die Schaltung des Lorenz-Verstärkers „LVA 75/42"

Zur günstigsten Einstellung der benötigten Photozellenvorspannung sind die beiden 200-kΩ-Widerstände im Zuge des Eingangs I leicht auswechselbar angeordnet, so daß durch Austausch die jeweils benötigte Vorspannung fest eingestellt werden kann.

## 13. Mehrkanalverstärker

In der Reihe der Verstärker mit veränderlichem Frequenzverlauf nehmen die sogenannten „Mehrkanalverstärker" eine besondere Stellung ein. Bei diesen Verstärkern wird der zu übertragende Frequenzbereich (z. B. 50...10 000 Hz) durch Filteranordnungen in zwei oder drei Bänder unterteilt. Diese Bänder müssen sich etwas überlappen, denn sie werden durch getrennte Regler geregelt und in Sonderfällen auch durch getrennte Verstärker weiterverstärkt. Durch Dämpfen oder Anheben der Verstärkung der einzelnen Bänder kann man die resultierende Gesamtfrequenzkurve in sehr weiten Grenzen verändern.

Über Wert oder Unwert derartiger Verstärker kann man sowohl vom Standpunkt des Technikers als auch aus künstlerischen Gründen geteilter Meinung sein. Tatsache ist, daß sich diese Verstärker, besonders im Ausland, großer Beliebtheit erfreuen. Die Schwierigkeit beim Entwurf von Mehrkanalverstärkern besteht aber darin, eine saubere Trennung der einzelnen Bänder zu erzielen und doch auch wieder eine richtige Überlappung zu bekommen, damit beim Übergang von einem Band zum benachbarten in der Frequenzkurve nicht unerwünschte Einsattelungen entstehen.

Bei einem Dreikanalverstärker teilt man die Bänder zum Beispiel etwa so ein:

| | |
|---|---|
| Bässe: | 50..... 200 Hz |
| Mitteltonlage: | 150..... 4000 Hz |
| Hochtonlage: | 3500...10 000 Hz |

Das ist natürlich nur ein ganz roher Anhalt, und es liegt beim Konstrukteur, eine mehr oder minder saubere Trennung und Überlappung zu erzielen.

In **Bild 29** ist eine einfache Schaltung zur Kanalaufteilung gezeigt, die wir einem ausländischen Verstärker entnahmen. Die Schaltung ist verblüffend einfach und der genannte Verstärker arbeitete tatsächlich sehr ordentlich. Die von der Anode der Vorröhre kommende Tonfrequenz wird über einen sehr großen Ankopplungsblock drei Reglern zugeführt. Am oberen Regler werden die Höhen abgegriffen. An dessen

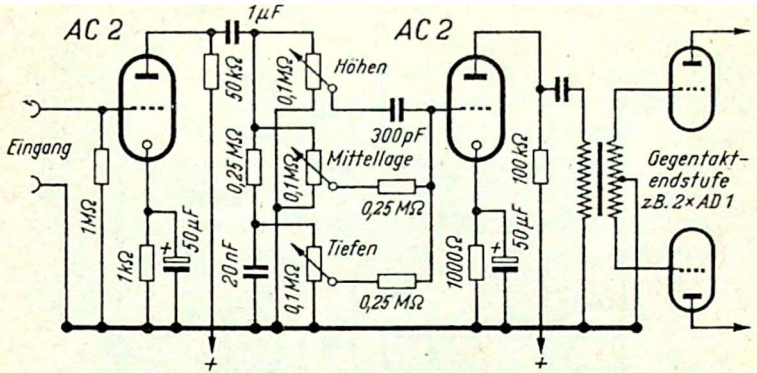



*Bild 29. Einfache Dreikanalschaltung*

Schleifer liegt nämlich ein sehr kleiner Kondensator, so daß infolge der Belastung mit den beiden darunter gezeichneten Längswiderständen von 0,25 MΩ nur höchste Töne an das Gitter der nächsten Röhre gelangen. Am mittleren Regler tritt praktisch das gesamte übertragene Frequenzband in Erscheinung. Am unteren Regler aber treten nur Bässe auf, weil dieser Regler mit einem großen Kondensator von 20 000 pF überbrückt ist. Die Schleifer aller drei Regler sind über die schon erwähnten Längswiderstände, die der Entkopplung dienen, und den kleinen Ankopplungskondensator wieder zusammengeschaltet und gehen auf das Gitter der nächsten Röhre, an dem sich die auf die Regler aufgeteilten Tonbereiche wieder in einem Gesamtkanal vereinigen. Je nachdem, welchen Tonbereich man schwächt oder dämpft, senkt oder hebt man die Frequenzkurve in dem betreffenden Tonbereich.

Man kann aber das Mehrkanalsystem noch konsequenter durchführen, wenn man sich zu einem allerdings weit größeren Aufwand entschließt. Der Erfolg ist dann aber auch ungleich größer. Bei der eben besprochenen Schaltung findet am Gitter der zweiten Stufe eine *elektrische* Kanalwiedervereinigung statt. Dient ein Mehrkanalverstärker *nur* der Lautsprecherwiedergabe, dann ist eine *akustische* Kanalvereini-

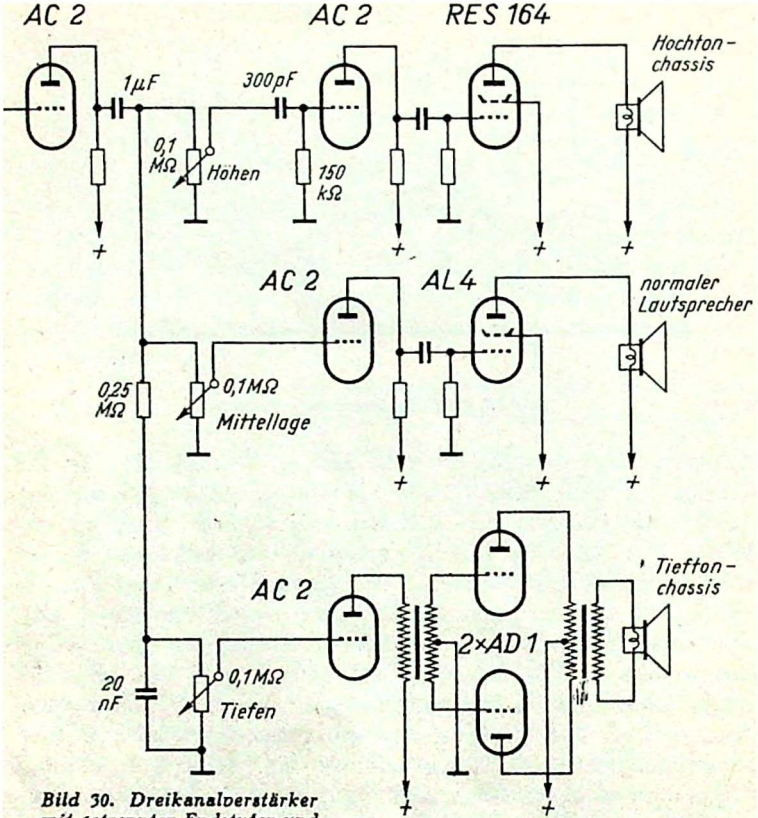



*Bild 30. Dreikanalverstärker mit getrennten Endstufen und Lautsprechern*

gung nach **Bild 30** zweckmäßiger. Alle drei Kanäle werden getrennt weiter verstärkt, erhalten je eine getrennte Endstufe und auch je einen Speziallautsprecher. Für den Baßkanal benützt man z. B. eine kräftige Gegentaktendstufe mit 2 × AD 1 in Verbindung mit einem sehr weich gelagerten Spezial-Tieftonlautsprecher von vielleicht 40 cm Durchmesser. Für den mittleren Bereich genügt als Endstufe eine Pentode nach Art der AL 4 mit einem hart gelagerten normalen 4-Watt-Lautsprecher. Der Hochtonkanal kommt bereits mit einer

RES 164 aus, die einen Spezial-Hochtonlautsprecher speist. Alle drei Lautsprechersysteme sitzen dann in Form einer Lautsprecherkombination auf einer gemeinsamen Schallwand. Da die Lautsprecher speziell für ihren zu übertragenden Tonbereich gebaut sind, unterstützen sie die rein elektrische Kanaltrennung vorteilhaft und bringen auch den ihnen zugeführten Tonbereich optimal zur Abstrahlung. Mit einem derartigen Dreikanal-Lautsprecherverstärker läßt sich tatsächlich eine ganz hervorragende Wiedergabe erzielen.

## 14. Tonblende oder Entzerrer?

Unter den der Frequenzkorrektur dienenden Entzerrerschaltungen ist eine wegen ihrer großen Einfachheit besonders bekannt und verbreitet. Man nennt diese Schaltung im allgemeinen Sprachgebrauch „Tonblende". Ein Festkondensator liegt zusammen mit einem meist regelbaren Widerstand quer im Übertragungsweg und dämpft oder schneidet die Höhen mehr oder minder stark ab. Daneben gibt es Entzerrerschaltungen, die aus Selbstinduktionen, Kondensatoren und Widerständen bestehen und oft ganze Netzwerke bilden. Es taucht manchmal die Frage auf: „Warum so kompliziert, wenn es auch einfacher geht?"

Der Einwand, die Tonblende diene nur der Schwächung der Höhen, ist nämlich unbegründet. Mit einer „umgekehrten" Tonblende, also ebenfalls einer einfachen RC-Anordnung nach Bild 31 lassen sich auch die Tiefen wegschneiden. Es wird oft angeführt, daß in ausländischen Verstärkern vielfach nur eine Tonblende eingebaut sei und diese Verstärker „sehr schön weich" klängen. Um hier eine Klärung zu bringen, muß etwas weiter ausgeholt werden:

Untersuchungen haben ergeben, daß eine Übertragung von Musik dann als befriedigend empfunden wird, wenn das Produkt aus der niedrigsten und höchsten Frequenz gleich 400 000 ist. Hierzu einige Rechenbeispiele:

Man will ein möglichst breites Band übertragen und verfügt über eine sehr guten Lautsprecher, der bis 40 Hz einwandfrei abstrahlt. Um auf 400 000 zu kommen, muß dafür

gesorgt werden, daß der Verstärker bis 10 000 Hz möglichst geradlinig verstärkt. Natürlich muß auch ein Lautsprecher vorhanden sein, z. B. ein Hochtonsystem, das 10 000 Hz noch ungeschwächt abstrahlt.

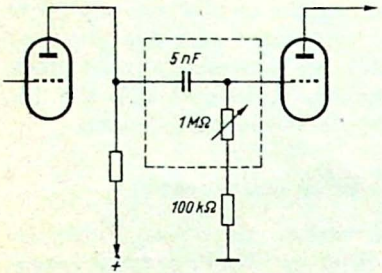



*Bild 31. Schaltung einer einfachen Tiefenbeschneidung*

Ein anderes Beispiel:

In einem guten Einkreiser ist ein dynamischer Lautsprecher eingebaut, der von 100 Hz bis 8000 Hz linear abstrahlt. Der Nf-Teil des Empfängers ist in diesem Bereich auch linear und die Anpassung ist richtig getroffen, so daß praktisch zwischen 100 und 8000 Hz alles „da" ist. Die Wiedergabe klingt aber spitz. Teilt man unsere „goldene Zahl" 400 000 durch 100, so erkennt man, daß die oberste Frequenzgrenze 4000 Hz sein muß, um eine ästhetische Wiedergabe zu bekommen. Durch eine einfache Tonblendenschaltung wird dies mit guter Annäherung erreicht.

Und noch ein Beispiel:

Ein Zwergsuper ist mit einem Kleinlautsprecher bestückt, der nur bis 200 Hz herunter abstrahlt. Um trotzdem eine das Ohr befriedigende Wiedergabe zu bekommen, muß man oben bei $\frac{400\,000}{200} = 2000$ Hz abschneiden. Tatsächlich tut man das auch in manchen billigen ausländischen Exportgeräten. Natürlich hört man dann auch zum Beispiel das hohe Überlagerungspfeifen zwischen zwei eng benachbarten Sendern nicht mehr, das vielleicht ein hochwertiger Heimsuper noch deutlich wiedergibt. Das ist übrigens ein Grund dafür, warum solche einfachen Geräte vom Laien oft als vorbildlich trennscharf angesprochen werden.

Man kann natürlich auch umgekehrt vorgehen, um das angestrebte musikalische Gleichgewicht wieder herzustellen. Statt oben abzuschneiden, kann man unten anfügen. Bei unserem zweiten Beispiel, dem Einkreiser, müßte man den

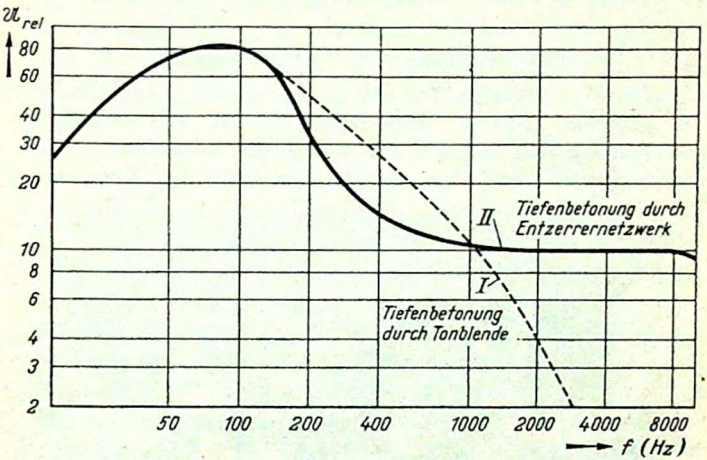



*Bild 32. Zwei Frequenzkurven eines Verstärkers*
*I = Tonblende, II = Tiefenentzerrernetzwerk*

Frequenzbereich nach unten bis auf 50 Hz, also um eine volle Oktave, erweitern. Man muß also unten zwischen 50 und 100 Hz anheben, oder was auf das gleiche herauskommt, zwischen 100 und 8000 Hz *gleichmäßig* (!!) dämpfen. Dieses *„gleichmäßig"* ist aber gerade die Schwierigkeit. In **Bild 32** ist eine Frequenzkurve gezeichnet, die durch Bedienung der Tonblende in einem Verstärker erzielt wird. Der Ton 100 Hz sollte gegenüber 800 Hz 8fach angehoben werden. Das wurde auch erzielt, aber bei 8000 Hz ist praktisch alles abgeschnitten. Die zweite Kurve erzielt den gleichen Effekt, aber über ein kompliziertes Entzerrernetzwerk. Auch hier ist 100 Hz auf das 8fache gegenüber 800 Hz angehoben, aber 8000 Hz sind unbeschnitten. Der Verlauf der Kurve ist viel steiler. Das aber ist die Problemstellung, die Entzerrerkurve in dem Bereich steil zu bekommen, in dem tatsächlich angehoben werden soll.

Die Tonblende ist also dort angebracht, wo mit wenig Aufwand ein *befriedigendes* Gesamtklangbild angestrebt wird unter Verzicht auf möglichst breites Frequenzband. Wo aber Hauptgewicht auf ein möglichst *breites* Band gelegt wird, greift man zu umfangreicheren und genau berechneten Entzerrern.

## 15. Aufbau von Verstärkern

Bei den Verstärkern hat sich im Laufe der Jahre genau so ein gewisser „Baustil" entwickelt, wie bei den Rundfunkgeräten. Bei den Empfängern wurde die konstruktive Ausführung in letzter Zeit immer stärker durch den Architekten

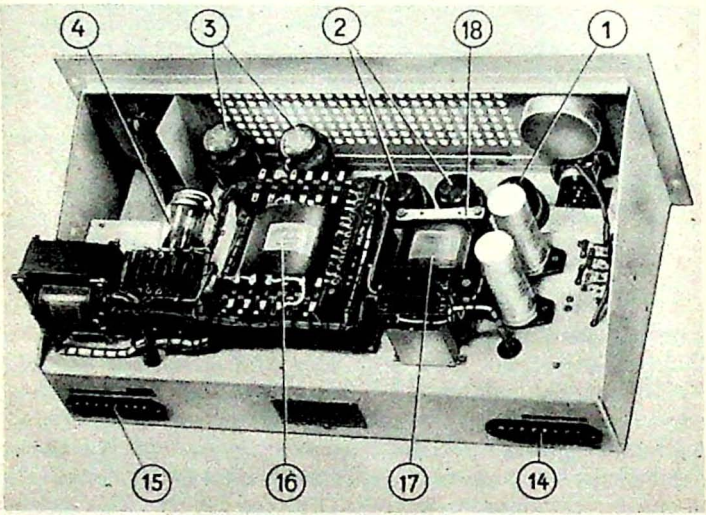



*Bild 33. So sieht ein moderner Verstärker aus (Ela V 25/2210)*
*1, 2 = Vorstufen, 3 = Gegentakt-Endstufe, 4 = Netzgleichrichter, 14, 15 = Anschlußleisten, 16 = Netztransformator, 17 = Netzdrossel*

beeinflußt. Oft bekommt der Konstrukteur einen Gehäuseentwurf vorgelegt und muß das geplante Gerät mechanisch so aufbauen, daß es in das Gehäuse hineinpaßt. Während Gehäuseformen beim Rundfunkgerät gewissen modischen Geschmacksrichtungen unterliegen, ist der Verstärker ein

reines technisches Gebrauchsgerät. Seine Form ist technisch bedingt und zeitlos schön. Zumeist wird dem Konstrukteur ein gewisser Rauminhalt „genehmigt", der durch die genormten Abmessungen der Verstärkergestelle bedingt ist. Wie er diesen Raum dann ausnutzt, ist seine Sache. Wie zweckmäßig und doch formschön ein moderner Verstärker sein kann, zeigt **Bild 33** mit der Ansicht des Telefunken-Verstärkers Ela V 25/2210.

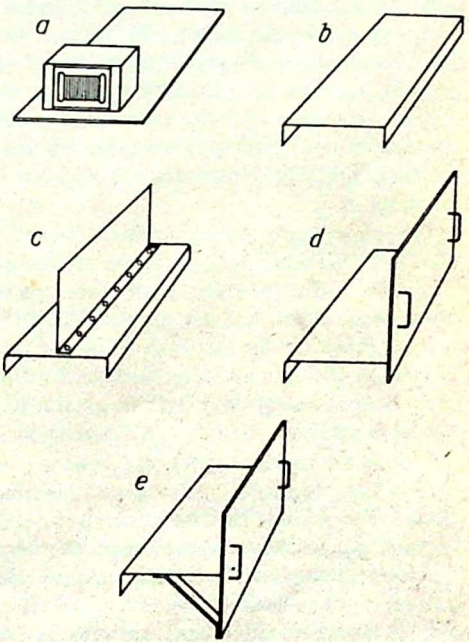



*Bild 34.*
*Grundformen von Verstärkerchassis*

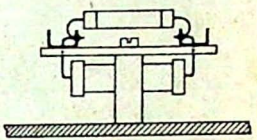
Je nach dem Umfang der in einem bestimmten Volumen unterzubringenden Bauelemente bedient sich der Konstrukteur dann einer der Grundformen des Verstärkeraufbaues, die wir in **Bild 34** skizziert haben. a ist die einfachste Bau-

form, die sogenannte „Brettschaltung". Überall dort, wo wenig Bauelemente unterzubringen sind und auf äußerste Kleinheit kein Wert gelegt wird, ist diese Bauweise wegen ihrer Einfachheit auch heute noch beliebt. Man findet sie zum Beispiel bei einfachen Netzendstufen. Eine übergeschobene Haube vervollständigt diesen Aufbau zum Gehäuse. Weiter verzweigte Schaltungen, besonders für ortsfesten Betrieb baut man nach Teilbild 34 b, auf das auch im Empfängerbau übliche U-Chassis. Hier ist es bereits möglich, die Bauelemente nach sechs verschiedenen Ebenen zu orientieren, nämlich innen und außen von der Grundfläche und innen und außen von den beiden abgebogenen Längsseiten. Auf der Oberfläche des Chassis sind meist alle Röhren, die größeren Übertrager, Transformatoren und Drosseln aufgebaut. Darunter sind die meisten Widerstände angeordnet. An der Vorderkante befinden sich die Bedienungsorgane und an der Hinterkante die Anschlüsse.

Verändert man diesen Aufbau derart, daß man quer über die Oberfläche eines Chassis ein senkrechtes Trennblech nach Bild 34 c zieht, gewinnt man zwei weitere Montageebenen. Meist ordnet man auf der einen Seite dieses Bleches alle Röhren in einer Reihe an. Das Blech schirmt dann die Röhren gegen die auf der anderen Seite befindlichen Schaltelemente, z. B. Netztransformator und Drosseln, ab; außerdem dient es als Montagebasis für weitere Einzelteile.

Eine weitere Montageebene gewinnt man, wenn man nach Bild 34d an einem U-Chassis eine Frontplatte anbringt, wie das beim ZV 26 d nach Bild 25 geschah. So aufgebaute Verstärker eignen sich dann ausgezeichnet für wahlweisen Einbau in Gestelle oder nach Aufschieben einer Haube auch für transportable Verwendung. Eine Abart dieser Bauweise ist in Bild 34 e gezeigt. Hier ist das Chassis etwa in halber Höhe der Frontplatte angebracht. Dadurch läßt sich unter Umständen der Raum unterhalb der waagerechten Chassisfläche besser ausnutzen. Derartige Verstärkerchassis werden an der Frontplatte gern mit zwei Handgriffen versehen, um den Ein- und Ausbau am Gestell zu erleichtern. Solche Griffe erkennt man deutlich bei den Verstärkern in den Bilden 18 und 25.

Je mehr man durch Einziehen von Zwischenböden, Trennwänden und dergleichen neue Montageebenen schafft, um so mehr Einzelteile kann man bei guter Übersichtlichkeit auf kleinem Raum unterbringen. Man kommt fast zwangläufig dadurch zum sogenannten *Baugruppenprinzip.* Hierunter versteht man die Zusammenfassung von zusammengehörigen Bauelementen zu einer mechanischen Einheit. Ein Beispiel ist der Zusammenbau von Netztransformator und Gleichrichterröhre mit den der Stromversorgung dienenden Kondensatoren und Widerständen zu einer mechanischen Einheit. Das erkennt man sehr schön im Bild 33. Diese Baugruppen lassen sich dann außerhalb des Gerätes vorverdrahten, so daß bei geschickter Zusammenfassung in der Endmontage im Gerät



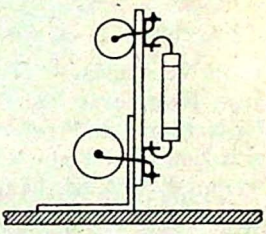


*Bild 35. So werden Lötösenleisten mit Schaltelementen bestückt*

nur noch die Baugruppen untereinander durch *„Kabelbäume"* zu verbinden sind. Kabelbäume sind viele Einzeldrähte, die räumlich gemeinsam geführt sind und durch Zusammenbinden mit Heftgarn oder durch Isolierschlauchüberzüge zu Mehrfachkabeln vereinigt sind. An den passenden Stellen kommen dann aus einem solchen Kabelbaum die erforderlichen Abzweigungen wie Baumäste heraus. Diese Verdrahtungsart, die aus der allgemeinen Fernmeldetechnik übernommen wurde, hat sich im modernen Verstärkerbau allgemein durchgesetzt.

Auch die Technik der Lötösenplatten, auch „Widerstandsbrettchen" genannt, verdient Beachtung. Ein solches Widerstandsbrettchen, das Widerstände und Kondensatoren vereinigt, wurde schon in Bild 27 gezeigt; es stellt eine Baugruppe dar. Wenn ein solches Brettchen liegend mit Distanzröllchen oder stehend mit Winkeln montiert wird (**Bild 35**), kann man auch noch auf der Rückseite Schaltelemente anordnen. In **Bild 36** ist ferner gezeigt, wie man auch seitlich und diagonal,

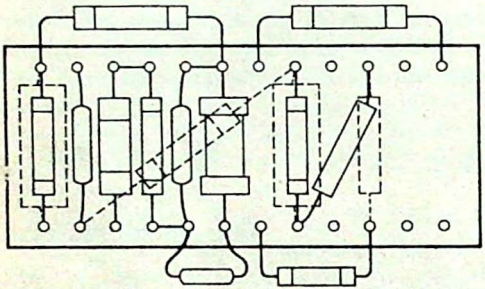


*Bild 36.*
*Auf kleinstem Raum lassen sich so zahlreiche Widerstände und Kondensatoren unterbringen*

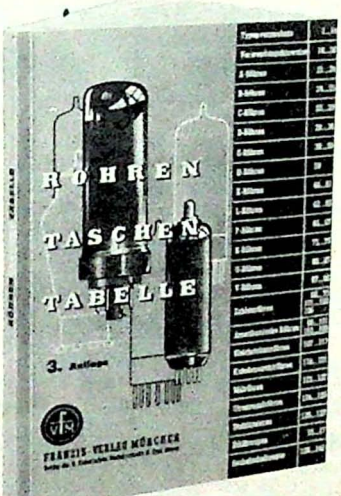
sowie vorn (ausgezogen) und hinten (gestrichelt) auf kleinstem Raum eine Menge Schaltelemente unterbringen kann. Neuzeitliche und verwickelte Verstärkerschaltungen lassen sich somit auf kleinstem Raum und übersichtlich aufbauen, wenn man sich des Baugruppenprinzips und der Kabelbaumverdrahtung bedient.

Wer Verstärker baut, muß über die

**neuesten und zuverlässigsten Röhren-Unterlagen**

verfügen. Sie bietet die

**Röhren-Taschen-Tabelle**




3. Auflage

144 Seiten

Preis 4.50 DM

In der 3. Auflage der „Röhren-Taschen-Tabelle" sind alle heute gängigen Röhrentypen mit ihren ausführlichen Daten verzeichnet. Dem handlichen Band sieht man den reichen Inhalt nicht an. Durch Anwendung einer raumsparenden Telefonbuch-Schrift war es möglich, auf 144 Seiten die 33spaltigen technischen Daten von mehr als 2200 Röhren, darunter den gängigsten amerikanischen Typen, unterzubringen. Besondere Tabellen von Verwendungshinweisen und eine Äquivalenzliste erhöhen die Brauchbarkeit dieses Buches, dessen gestochen scharfe Sockelschaltungen allein das Geld wert sind.

**FRANZIS-VERLAG · MÜNCHEN**

# Franzis-Fachbücher für Radio- und Fernsehtechnik

ING. OTTO LIMANN

**Funktechnik ohne Ballast**

Einführung in die Schaltungstechnik der Rundfunk- und UKW-Empfänger. 196 Seiten, 368 Bilder, 7 Tafeln. 2. Aufl. 1952. Kart. 9.50 DM, Halbleinen 11 DM

DIPL.-ING. WILH. HASSEL UND ING. ERWIN BLEICHER

**Trafo-Handbuch**

Handbuch der Netz- und Tonfrequenz-Transformatoren und Drosseln in Berechnung, Entwurf und Fertigung. 288 Seiten, 158 Bilder, 24 Tafeln. 1951. Kart. 18.80 DM, Halbleinen 19.80 DM

DR. GOLDAMMER

**Der Fernseh-Empfänger**

Schaltungstechnik, Funktion und Service. 144 Seiten mit 217 Bildern und 5 Tabellen. 1952. Kart. 9.50 DM, Halbleinen 11 DM

ING. GERHARD HENNIG

**Dauermagnettechnik**

132 Seiten, 121 Bilder, 16 Tabellen. 1952. Kart. 12.60 DM, Halbl. 13.80 DM

HELMUT SCHWEITZER

**Röhrenmeßtechnik**

192 Seiten, 118 Bilder, 1950. Kart. 12 DM, Halbleinen 13.80 DM

ING. HEINZ RICHTER

**Hilfsbuch für Katodenstrahl-Oszillografie**

220 Seiten, 176 Bilder, 79 Oszillogramme, 15 Tabellen. 2. Aufl. 1953. Kart. 12 DM, Halbleinen 13.80 DM

HANS-JOACHIM SCHULTZE

**Funktechnische Nomogramme**

75 Tafeln in Mappe. 1950. Kart. 9 DM

ING. ERNST HANNAUSCH

**Wie richte ich meine Radiowerkstatt ein?**

52 Seiten, 17 Bilder, zahlreiche Tabellen. 1950. Kart. 3.50 DM

FRITZ KUNZE

**Amerikanische Röhren**

64 Seiten, 23 Tab., 70 Bilder, 422 Sockelschalt. 5. Aufl. 1948. Kart. 3.80 DM

ING. OTTO LIMANN

**So gleicht der Praktiker ab**

48 Seiten, 36 Bilder, viele Tabellen. 1950. Kart. 3 DM

**FRANZIS-VERLAG · MÜNCHEN**

# RADIO-PRAKTIKER-BÜCHEREI

**Die U-Röhren-Reihe mit Außenkontaktsockel und ihre Schaltungen.** Nr. 1
Von H. Sutaner. Mit 50 Bildern und Schaltungen. 2. Aufl.

**Rimlock- und Picoröhren und ihre Schaltungen.** Nr. 2
Von Dr. A. Renardy. Mit 51 Bildern und Schaltungen. 1. u. 2. Aufl.

**UKW-FM-Rundfunk in Theorie und Praxis.** Von H. G. Mende.
Mit 35 Bildern und 4 Tabellen. 4. und 5. Aufl. Nr. 3

**UKW-Empfang mit Zusatzgeräten.** Von H. G. Mende. Nr. 4
Mit 16 Bildern und 9 Tabellen. 4. Aufl.

**Superhets für UKW-FM-Empfang.** Von H. G. Mende. Nr. 5
Mit 21 Bildern und 1 Tabelle. 1. und 2. Aufl.

**Antennen für Rundfunk- und UKW-Empfang.** Von H. G. Mende.
Mit 30 Bildern und 7 Tabellen. 4. und 5. Aufl. Nr. 6

**Neuzeitliche Schallfolienaufnahme.** Von Ing. F. Kühne. Nr. 7
Mit 39 Bildern. 2. Aufl.

**Vielseitige Verstärkergeräte für Tonaufnahme und Wiedergabe.** Nr. 8
Von Ing. F. Kühne. Mit 36 Bildern. 3. Aufl.

**Magnetbandspieler-Praxis.** Von Ing. W. Junghans Nr. 9
Mit 36 Bildern und 2 Tabellen. 4. Aufl.

**Magnetbandspieler-Selbstbau.** Von Ing. W. Junghans. Nr. 10/10a
Mit 100 Bildern. Doppelband. 3. Aufl.

**Mikrofone, Aufbau, Verwendung und Selbstbau.** Von F. Kühne.
Mit 38 Bildern und 2 Tabellen. 2. Aufl. Nr. 11

**Röhrenmeßgeräte in Entwurf u. Aufbau.** Von H. Schweitzer. Nr. 1
Mit 52 Bildern. 1. und 2. Aufl.

**Schliche und Kniffe für Radiopraktiker.** Von F. Kühne. Nr. 1
Mit 57 Bildern. 4. Aufl.

**Geheimnisse der Wellenlängen.** Mit 49 Bildern und 20 Tabellen
und Tafeln. Von G. Büscher. Nr. 14

**Moderne Zweikreisempfänger.** Von H. Sutaner Nr. 15
Mit 43 Bildern und Schaltungen. 4. Aufl.

**Widerstandskunde für Radiopraktiker.** Von G. Hoffmeister.
Mit 9 Bildern, 4 Nomogrammen u. 6 großen Zahlentafeln. 2. Aufl. Nr. 16

**Prüfsender für UKW-Empfänger.** UKW-Meßgeräte Teil I. Nr. 17
Von Dipl.-Ing. R. Schiffel u. Ing. F. Woletz. 57 Bilder. 2. Aufl.

**Radio-Röhren.** Wie sie wurden, was sie leisten und anderes,
was nicht im Barkhausen steht. Von H. G. Mende. Nr. 18/19
Mit 65 Bildern. Doppelband. 2. Aufl.

**Methodische Fehlersuche in Rundfunkempfängern.** Nr. 20
Von Dr. A. Renardy. Mit 16 Bildern. 4. und 5. Aufl.

**Funktechniker lernen Formelrechnen auf kurzweilige, launige Art.**
Von F. Kunze. Band I. Mit 22 Bildern. 3. Aufl. Band II s. Nr. 42. Nr. 21

**Lehrgang Radiotechnik.** Von F. Jacobs.
Teil I. Mit 132 Bildern u. 3 Tabellen. Doppelband. 3. Aufl. Nr. 22/23
Teil II. Mit 88 Bildern. Doppelband. 1. u. 2. Aufl. Nr. 24/25

**Tonstudio-Praxis.** Von F. Kühne. Mit 36 Bildern u. 6 Tab. Nr. 26

**Rundfunkempfang ohne Röhren.** Vom Detektor zum Transistor.
Von H. G. Mende. Mit vielen Bildern. Doppelband. 4. Aufl. Nr. 27/27a

Die Glimmröhre und ihre Schaltungen. Von O. P. Herrnkind. Mit 69 Bildern. 2. Aufl. Nr. 28

Kleines ABC der Elektroakustik. Von G. Büscher Nr. 29/30
Mit 120 Bildern und 40 Tabellen. Doppelband. 2. Aufl.

Sender-Baubuch für Kurzwellen-Amateure. Von Ing. H. F. Steinhauser. Mit 56 Bildern. Doppelband. 2. und 3. Aufl. Nr. 31/32

Röhrenvoltmeter. Von Ing. O. Limann. Mit 60 Bildern. 2. Aufl. Nr. 33

Einzelteilprüfung. Von O. Limann. Mit 42 Bildern. 3. Aufl. Nr. 34

Wegbereiter der Funktechnik. Von W. Möbus. Nr. 35

Die Prüfung des Zwischenfrequenz-Verstärkers und Diskriminators beim UKW-Empfänger. UKW-Meßgeräte Teil 2. 2. Aufl. Nr. 36
Von Dipl.-Ing. R. Schiffel und Ing. F. Woletz. Mit 50 Bildern.

Fehlersuche durch Signalverfolgung und Signalzuführung. Nr. 37/38
Von Dr. A. Renardy. Mit 53 Bildern u. 3 Tabellen. Doppelband.

Die Fernsehröhren und ihre Schaltungen. Von Ing. L. Ratheiser. Mit 77 Bildern, 25 Tabellen u. 41 Sockelschalt. Doppelband. Nr. 39/40

Kurzwellenempfänger für Amateure. Von W. Diefenbach. Mit 64 Bildern und Schaltungen. 2. und 3. Aufl. Nr. 41

Funktechniker lernen Formelrechnen. Band II. Von F. Kunze. Mit 19 Bildern. 1. und 2. Aufl. Band I siehe Nr. 21. Nr. 42

Musikübertragungs-Anlagen. Von F. Kühne. Mit 34 Bild. 2. Aufl. Nr. 43

Kurzwellen-Amateurantennen für Sendung u. Empfang. 3. Aufl. Von W. W. Diefenbach. Mit 76 Bildern und 8 Tabellen. Nr. 44

UKW-Sender- und Empfänger-Baubuch für Amateure. Von H. F. Steinhauser. Mit 73 Bildern. Doppelband. 1 Aufl. Nr. 45/46

Moderne Reiseempfänger. Von H. Sutaner. Mit 48 Bildern. Nr. 47

Kleines Praktikum der Gegenkopplung. Von H. G. Mende. Nr. 48
Mit 33 Bildern und 4 Tabellen. 1. Aufl.

UKW-Hand-Sprechfunk-Baubuch. Von H. F. Steinhauser.
Mit 45 Bildern. 1. und 2. Aufl. Nr. 49

Praktischer Antennenbau. Von H. G. Mende. Nr. 50
Mit 51 Bildern und 9 Tabellen. 1. und 2. Aufl.

Fernseh-Bildfehler-Fibel. Von O. P. Herrnkind. Nr. 51
Mit 50 Bildern.

Kleine Fernsehempfangs-Praxis. Von P. Marcus. Nr. 52/54
Mit 185 Bildern und 2 Tabellen. Dreifachband.

Fernsehtechnik von A bis Z. Von K. E. Wacker. Nr. 55/56
Mit 52 Bildern und 6 Tabellen. Doppelband.

Tönende Schrift. Von H. Kluth. Mit 23 Bildern. Nr. 57

Morselehrgang. Von W. Diefenbach. Mit 18 Bildern. Nr. 58

Funk-Entstörungs-Praxis. Von H. G. Mende. Mit 43 Bildern. Nr. 59

Die Widerstand-Kondensator-Schaltung. Von R. Schneider.
Mit 59 Bildern und 4 Tabellen. Nr. 60

Verzeichnis für Nr. 61 bis 74 siehe 2. Umschlagseite

Zu beziehen durch jede Buch- oder Fachhandlung oder direkt vom

FRANZIS-VERLAG MÜNCHEN